



TUGAS AKHIR - SF 141501

**KARAKTERISASI PERILAKU RADAR ABSORBANSI
MATERIAL (RAM) BERBASIS BAM & PANI DENGAN
STRUKTUR GEOMETRI *MULTILAYER* UNTUK
RENTANG PENYERAPAN X-BAND**

**Dina Andriyani
NRP 01111440000047**

**Dosen Pembimbing
Dr. M. Zainuri, M.Si**

**DEPARTEMEN FISIKA
Fakultas Ilmu Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
2018**



TUGAS AKHIR - SF 141501

**KARAKTERISASI PERILAKU RADAR ABSORBANSI
MATERIAL (RAM) BERBASIS BAM & PANI DENGAN
STRUKTUR GEOMETRI MULTILAYER UNTUK
RENTANG PENYERAPAN X-BAND**

**Dina Andriyani
NRP 01111440000047**

**Dosen Pembimbing
Dr. M. Zainuri, M.Si**

**DEPARTEMEN FISIKA
Fakultas Ilmu Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
2018**



FINAL PROJECT - SF 141501

**CHARACTERIZATION OF RADAR BEHAVIOR OF
MATERIAL ABSORBANSI (RAM) BASED ON BAM &
PANI WITH MULTILAYER GEOMETRY STRUCTURE
FOR THE X-BAND ABSORPTION RANGE**

**Dina Andriyani
NRP 01111440000047**

**Advisors
Dr. M. Zainuri, M.Si**

**Department of Physics
Faculty of Science
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018**

LEMBAR PENGESAHAN

**KARAKTERISASI PERILAKU RADAR ABSORBANSI
MATERIAL (RAM) BERBASIS BAM & PANI DENGAN
STRUKTUR GEOMETRI MULTILAYER UNTUK
RENTANG PENYERAPAN X-BAND**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Sains
pada
Bidang Studi Material
Program Studi S-1 Jurusan Fisika
Fakultas Ilmu Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

DINA ANDRIYANI
0111144000047

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Dr. Mochamad Zainuri, M.Si
NIP. 19640130199002.1001



KARAKTERISASI PERILAKU RADAR ABSORBANSI MATERIAL (RAM) BERBASIS BaM & PANI DENGAN STRUKTUR GEOMETRI MULTILAYER UNTUK RENTANG PENYERAPAN X-BAND

Penulis : Dina Andriyani
NRP : 01111440000047
Departemen : Fisika FIA ITS
Dosen Pembimbing : Dr. M. Zainuri, M.Si

Abstrak

Karakterisasi perilaku pada material penyerap radar yang terdiri dari Polianilin (PaNi) dan Barium M-Heksaferrit (BaM) telah berhasil disintesis dengan metode solid state. Material konduktif polianilin disintesis menggunakan metode polimerisasi dengan dopan DBSA. Material RAM dikarakterisasi melalui X-Ray Fluorescence (XRF), X-Ray Diffraction (XRD), Fourier Transform Infrared (FTIR), Four Point Probe (FPP), Scanning Electron Microscope (SEM) dan Vector Network Analyzer (VNA). Pendopongan ion Zn^{2+} terhadap struktur BaM telah dilakukan, dimana ion Zn^{2+} menggantikan ion Fe^{2+} pada barium Hexaferrit sehingga fasa menjadi softmagnet. Campuran antara material RAM dan cat termasuk dalam komposit dimana material RAM sebagai filler dan cat sebagai binder/matrik. RAM tersebut akan dilapiskan pada plat baja grade A tipe AH36 dengan metode pelapisan Dallenbach multilayer dengan variasi ketebalan yaitu 2.4mm , 3.6mm , 4.8 mm dan 6 mm. Penyerapan gelombang mikro diidentifikasi dengan pengujian VNA dan didapatkan bahwa nilai rugi refleksi maksimum terdapat pada ketebalan 6mm dengan nilai rugi refleksi -32.6 dB pada frekuensi 8.4 GHz. Nilai rugi refleksi variasi multilayer 2.4 mm, 3.6mm dan 4.8mm berturut-turut yaitu -8.02 dB, -19.13 dB dan -28.9 dB pada rentang frekuensi x band.

Kata kunci : BaM, Multilayer, Polianilin, RAM, Reflection Loss

CHARACTERIZATION OF RADAR BEHAVIOR OF MATERIAL ABSORBANSI (RAM) BASED ON BAM & PANI WITH MULTILAYER GEOMETRY STRUCTURE FOR THE X-BAND ABSORPTION RANGE

Name : Dina Andriyani
NRP : 01111440000047
Departement : Physics- Faculty of Science
Supervisor : Dr. M. Zainuri, M.Si

Abstract

Characterization of behavior on radar absorbent material consisting of Polianiline (PaNi) and Barium M-Hexaferrit (BaM) has been successfully synthesized by solid state method. Polyaniline conductive materials are synthesized using polymerization methods with DBSA dopants. RAM materials are characterized by X-Ray Fluorescence (XRF), X-Ray Diffraction (XRD), Fourier Transform Infrared (FTIR), Four Point Probe (FPP), Scanning Electron Microscope (SEM) and Vector Network Analyzer (VNA). Zn^{2+} ionization of the BaM structure has been performed, in which the Zn^{2+} ion displaces the Fe^{2+} ion in the Hexaferrit barium so that the phase becomes softmagnet. A mixture of RAM and paint materials is included in the composite where the RAM material as filler and paint as a binder / matrix. RAM will be superimposed on AH36 grade A type steel plate with multilayer Dallenbach coating method with thickness variation of 2.4mm, 3.6mm, 4.8mm and 6mm. Microwave absorption was identified by VNA testing and it was found that the maximum reflection loss value was at 6mm thick with a reflection value of -32.6 dB at 8.4 GHz frequency. The reflection loss values of multilayer variations are 2.4 mm, 3.6mm and 4.8mm respectively -8.02 dB, -19.13 dB and -28.9 dB in the x band frequency range.

Keywords : BaM, Multilayer, Polianilin, RAM, Reflection Loss

KATA PENGANTAR

Puji syukur Penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya, sehingga dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir di jurusan Fisika FMIPA ITS dengan judul:

“Karakterisasi Perilaku Radar Absorbansi Material (RAM) Berbasis BaM & PANi dengan Struktur Geometri Multilayer untuk Rentang Penyerapan X-Band”

Penulis menyadari bahwa terselesainya penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang selalu memberi kesehatan, keselamatan, rezeki dan segala nikmat yang tiada henti dalam hidup penulis.
2. Keluarga tercinta khususnya orang tua saya Mama Nunik Harianti dan Bapak Sugeng Pandrijono. Adik saya tercinta Presillia Aulina, yang selalu mendukung, menjadi motivasi dan memberikan kasih sayang, do'a serta dukungan baik moral maupun spiritual tiada henti kepada penulis selama masa perkuliahan hingga menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. M. Zainuri, M.Si selaku dosen pembimbing tugas akhir dalam memberi bimbingan, wawasan, motivasi dan nasehat sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik.
4. Bapak Dr. Yono Hadi P., M. Eng dan Dr. rer. nat. Eko Minarto, selaku Ketua Jurusan dan Seketaris Jurusan Fisika FMIPA ITS yang telah memberikan kemudahan sarana selama kuliah sampai terselesainya Tugas Akhir ini.
5. Bapak Diky Anggoro, M.Si selaku dosen wali yang telah memberikan saran yang berhubungan dengan mata kuliah selama masa perkuliahan penulis.

6. Bapak dan Ibu dosen jurusan fisika yang telah berkenan membagi ilmunya selama penulis belajar di jurusan Fisika.
7. Ardian Vidiyanto Amidarmo, yang selalu setia mendoakan, memotivasi dan menyemangati penulis dalam suka maupun duka perkuliahan dan pengerjaan Tugas Akhir ini hingga selesai.
8. Kepala Laboratorium dan Staff Laboran material terutama kepada Pak Sholih dan Pak Slamet yang selalu siap sedia membantu penulis dalam penyediaan alat maupun bahan material saat pengerjaan Tugas Akhir.
9. Rahma F. Puspitasari sebagai partner terbaik dalam berbagai hal dalam lika-liku perjalanan Kerja Praktek bahkan Tugas Akhir ini.
10. Silvia Lestari, Rahma F. Puspitasari, Niken Rancangkapti, Fachrina Utami M. dan Nindita Kirana, sahabat seperjuangan perkuliahan saya yang selalu berganti-ganti nama genk.
11. Sahabat SMA saya sixaula, Anggi, Satria, Dini dan Rio. Wimba, Putri Nahat yang selalu menghibur dikala penulis jenuh. Dan sahabat SMP saya Aldiar Lailifah, Sabrina Amelia dan Ratika Nursyahanani.
12. Keluarga Antares Fisika 2014 yang selalu memberi dukungan dan motivasi serta menemani penulis selama 4 tahun belajar di Fisika ITS.
13. Teman-teman Asrama Paguma Tersayang, Ucha, Tam, Linun, Mala, Cria, Betty, Nab, Dea, Syal dan tak lupa Isnaeni Nur Chasanah yang selalu menghibur dan menyemangati penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
14. Teman-teman PSM ITS LA'15 yang menjadi tempat hiburan dan penyalur hobby penulis selama perkuliahan.
15. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan laporan ini masih belum sempurna. Sehingga penulis meminta kritik dan saran pembaca yang dapat membantu untuk menyempurnakan laporan ini. Akhir kata semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi semua pihak. Aamiin Ya Rabbal Alamiin.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
COVER PAGE	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan.....	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Material Penyerap Gelombang Radar (RAM).....	7
2.2 Metode Dallenbach Layer	9
2.3 Barium M-Heksaferrit.....	9
2.4 Pengaruh Substitusi Ion Zn	14
2.5 Polianilin (PANi)	15
2.5.1 Struktur Molekul Polianilin.....	16
2.5.2 Konduktivitas Polianilin.....	17
BAB III METODE PENELITIAN	21
3.1 Peralatan dan Bahan.....	19
3.1.1 Alat.....	19
3.1.2 Bahan.....	19
3.2 Prosedur Kerja	19
3.2.1 Preparasi dan pemurnian serbuk batu besi....	19
3.2.2 Sintesis Kopresipitasi Fe_2O_3	20
3.2.3 Sintesis Barium M-Heksaferrit	20
3.2.4 Sintesis Polianilin (PANi)	21
3.2.5 Pelapisan Plat Baja Grade A Tipe AH-36	21
3.2.6 Karakteristik Bahan Uji	23

3.3	Diagram Alir	25
3.3.1	Preparasi dan pemurnian serbuk batu besi.....	25
3.3.2	Sintesis Kopresipitasi Fe_2O_3	26
3.3.3	Sintesis Barium M-Heksaferrit	27
3.3.4	Sintesis Polianilin (PANi)	28
3.3.5	Pelapisan <i>double layer</i>	29
BAB IV	ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	31
4.1	Analisis Pasir Besi Laterit.....	31
4.1.1	Preparasi Batuan Serbuk Fe_3O_4	31
4.2	Pembentukan Fase Hematit Fe_2O_3	34
4.3	Hasil Sintesis Material Penyerap Radar	35
4.3.1	Material Magnetik (Barium M-Heksaferrit)..	35
4.3.2	Material Konduktif (Polianilin)	38
4.4	Analisis FTIR Material PANi dan BaM	40
4.5	Analisis Sifat Konduktivitas Listrik RAM	43
4.6	Analisis Sifat Magnetik Barium M-Heksaferrit	45
4.7	Analisis Struktur Morfologi RAM	47
4.8	Analisis Sifat Penyerapan RAM	50
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	57
5.1	Kesimpulan	57
5.2	Saran	57
DAFTAR	PUSTAKA	59
LAMPIRAN	63
BIODATA	PENULIS	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 (a) <i>Dallenbach layer</i> untuk <i>single layer</i> dan (b) <i>double layer</i>	9
Gambar 2.2 Kurva Magnetisasi Partikel Hematit	12
Gambar 2.3 Grafik Rungi Refleksi	13
Gambar 2.4 Struktur Polianilin dalam garam emeraldine	17
Gambar 3.1 Pelapisan plat baja	22
Gambar 3.2 Diagram alir preprasi dan pemurnian batu magnetik	25
Gambar 3.3 Diagram alir sintesis dan kopresipitasi Fe_2O_3 ...	26
Gambar 3.4 Diagram alir sintesis Barium M- Heksaferrit	27
Gambar 3.5 Diagram alir sintesis Polianilin	28
Gambar 3.6 Diagram alir Pelapisan material	29
Gambar 4.1 Data Karakterisasi XRD Batu Besi.	33
Gambar 4.2 Data Karakterisasi XRD Hematit.....	35
Gambar 4.3 Grafik Karakterisasi Puncak BaM dengan doping Zn.....	36
Gambar 4.4 Grafik karakterisasi XRD Polianilin	40
Gambar 4.5 Hasil Uji FTIR BaM.	42
Gambar 4.6 Hasil Uji FTIR PANi.	42
Gambar 4.7 Alat Kompaksi material	44
Gambar 4.8 Kurva Histerisis Barium M-Heksaferrit.	46
Gambar 4.9 Hasil Karakterisasi SEM.....	48
Gambar 4.10 Persebaran struktur karakterisasi SEM.	48
Gambar 4.11 Pelapisan Plat Baja	51
Gambar 4.12 Grafik Rungi Refleksi	52
Gambar 4.13 Grafik Pelebaran Pita Penyerapan RAM.....	55

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Perbandingan massa Cat dan RAM	23
Tabel 4.1 Data Karakterisasi Batu Besi Menggunakan XRF	32
Tabel 4.2 Data prosentase komposisi fasa dan parameter kisi BaM	37
Tabel 4.3 Analisa data gugus fungsi BaM dan PANi	41
Tabel 4.4 Data hasil uji karakterisasi konduktifitas listrik BaM	44
Tabel 4.5 Prosentase persebaran elemen penyusun BaM	49
Tabel 4.6 Nilai rugi refleksi komposit RAM.....	53
Tabel 4.7 Data analisa pelebaran pita penyerapan komposit RAM.....	55

BAB I

PENDAHULUAN

1. 1 Latar Belakang

Perkembangan sains dan teknologi yang pesat juga menyebabkan perkembangan penelitian fisika material yang pesat pula. Dewasa ini perkembangan teori gelombang elektromagnetik (EM) banyak dimanfaatkan dalam berbagai perangkat teknologi. Salah satunya adalah teknologi militer yang memiliki nilai strategis karena selalu berkembang adalah radar. Dimana Radar (Radio Detection and Ranging) mampu mendeteksi keberadaan posisi suatu objek berdasarkan pancaran dan pantulan gelombang elektromagnetik. Pantulan gelombang tersebut ditangkap oleh penerima radar dapat dikonversi menjadi data lokasi dan kecepatan dari sebuah objek. Deteksi radar pada target didasarkan pada Radar Cross Section (RCS). Radar dapat memancarkan dan menerima sinyal pulsa yang telah termodulasi, sehingga dengan menggunakan radar dapat diketahui bentuk, jenis, jarak maupun ukuran dari target (Gustomo dan Suwadi, 2013). Dalam dunia pertahanan militer, radar banyak digunakan untuk mendeteksi target musuh. Untuk mengantisipasi hal tersebut maka saat ini banyak dikembangkan teknologi pertahanan siluman (stealth technology) pada pesawat dan kapal perang. Efisiensi dari teknologi siluman bergantung pada banyak sedikitnya energi EM yang dipantulkan kembali ke receiver (penerima) oleh target. Hal inilah yang disebut dengan RCS (Radar Cross Section). Agar target tidak

terdeteksi maka nilai RCS harus sekecil mungkin (Agustianto dan Widyastuti, 2014).

Radar Absorbing Material (RAM) yaitu metode pelapisan yang diterapkan untuk mereduksi energi gelombang EM yang diterima oleh target. Material RAM dapat mengubah gelombang elektromagnet yang dipancarkan radar menjadi energi panas dengan kemampuan magnetik dan dielektriknya. Akibat dari perubahan gelombang radar menjadi energi panas tersebut maka gelombang yang seharusnya terpantul dan diterima *reciever* sangat lemah. Penerapan material RAM akan berpengaruh pada penambahan berat pesawat dan kapal perang. Oleh karena itu untuk mengoptimalkan metode RAM ini harus digunakan material penyerap dengan kemampuan serap yang tinggi akan tetapi dengan berat ringan mungkin (Saville, 2005). Bahan RAM memiliki kemampuan menyerap gelombang elektromagnetik (EM) yang memiliki sifat magnetik, dielektik dan konduktif, sehingga bahan tersebut memiliki kemampuan untuk mempolarisasi dipol magnetic dan mampu menimbulkan muatan induksi akibat adanya interaksi dengan gelombang EM. Kandungan bahan batuan besi dari *Tanah Laut Kalimantan selatan* merupakan jenis batuan besi laterit yang kaya akan batuan magnetit (Fe_3O_4) sekitar 90 % dan hematit ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) 6 % , lainnya 4 %.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan bahan magnetit lemah (*soft magnetic*) mampu mengabsorbsi gelombang EM pada rentang frekuensi pada rentang X-Band atau frekuensi antara 2-18 GHz. Bahan batuan magnetit/hematit dapat direkayasa kemagnetannya menjadi *soft magnetic* dalam bentuk struktur hematit atau *struktur M-Hexaferrite*. Struktur tersebut dapat dilakukan melalui mekanisme kopresipitasi dengan cara men-dopping ion

Barium (Ba) dan ion Zinc (Zn) pada struktur feromagnetik membentuk fase yang dikenal sebagai Barium M- Hexaferrite / $\text{BaFe}_{12-x}\text{Zn}_x\text{O}_{19}$ (BAM). Paduan BAM dan bahan polimer konduktif PANi (Polianilin) dalam matrik resin membentuk bahan komposit Resin/BAM-PANi berpotensi sebagai bahan absorpsi gelombang EM atau RAM. Struktur tersebut dapat dilakukan melalui mekanisme kopresipitasi dengan cara men-dopping ion Barium (Ba) dan ion Zinc (Zn) pada struktur feromagnetik membentuk fase tersebut dikenal sebagai Barium M- Hexaferrite / $\text{BaFe}_{12-x}\text{Zn}_x\text{O}_{19}$ (BAM). Paduan BAM dan bahan polimer konduktif PANi (Polianilin) dalam matrik resin membentuk bahan komposit Resin/BAM-PANi, berpotensi sebagai bahan absorpsi gelombang EM atau RAM. Kualitas kemampuan absorpsi bahan komposit sangat tergantung pada jenis dan komposisi konsentrasi bahan pembentuknya serta ketebalan pelapisan komposit yang digunakan. Untuk memperlebar rentang frekuensi absorpsi gelombang EM dari komposit bahan RAM dapat menggunakan metode struktur komposit lapis jamak (multilayers), yang terdiri dari berbagai macam kombinasi variasi konsentrasi bahan magnetic-dielektrik/konduktif serta ketebalan bahan komposit.

Pada penelitian ini akan digunakan metode solid state reaction dalam sintesis pembentukan BaM dan sintesis polimerisasi dalam pembentukan PANi. Rekayasa yang dilakukan bertujuan dapat meningkatkan sifat serapan dan anti deteksi radar yang dimiliki oleh material RAM itu sendiri. Sintesis BaM menggunakan bahan alam yaitu pasir besi Tanah Laut Kalimantan Selatan. Kedua bahan RAM akan dijadikan resin dalam cat dan dilapiskan pada plat baja kapal grade tipe AH-36 dengan pelapisan multilayer.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana menganalisis dan idetifikasi doping ion Zn terhadap struktur BaM?
2. Bagaimana pengaruh perilaku struktur lapisan multilayer terhadap penyerapan gelombang elektromagnetik rentang X-Band?
3. Bagaimana cara mengembangkan serta penggugunaan model lapisan jamak (multilayers) melalui optimalisasi variasi dimensi ketabalan lapisan untuk memperlebar rentang frekuensi serapan gelombang mikro pada rentang frekuensi 8-12 GHz (X-Band)?

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian tugas akhir ini, memiliki batasan masalah sebagai berikut:

1. Sintesis material magnetik Barium M-Heksaferrit berbasis bahan alam pasir besi Tanah Laut Kalimantan
2. Sintesis pembuatan lapisan jamak dengan variasi PANi dan BaM dengan ketebalan total adalah seperempat panjang gelombang X-Band. ($\pm 3\text{mm}$) dan maksimal 5 lapis
3. Sintesis material dielektrik polianilin dengan pemberian doping DBSA
4. Pelapisan dilakukan pada plat baja grade A tipe AH-36.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Untuk menganalisis dan idetifikasi doping ion Zn terhadap struktur BaM
2. Untuk mengetahui pengaruh perilaku struktur lapisan multilayer terhadap penyerapan gelombang elektromagnetik rentang X-Band
3. Untuk mengembangkan serta menggunakan model lapisan jamak (multilayers) melalui optimalisasi variasi dimensi ketebalan lapisan untuk memperlebar rentang frekuensi serapan gelombang mikro pada rentang frekuensi 2-18 GHz (X-Band)

1.5 Manfaat penelitian

Hasil dari penelitian tugas akhir di diharapkan dapat membentuk RAM yang terdiri dari material dielektrik polianilin dan material magnetik Barium M-Heksaferrit dengan fasa BaM mencapai 100%. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran dan referensi dalam pengembangan material penyerap gelombang radar (RAM) berbasis bahan alam.

1.6 Sistematika penulisan

Penulisan Tugas akhir ini terdiri dari abstrak yang berisi gambaran umum dari penelitian ini. Bab I pendahuluan yang memuat latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan. Bab II tinjauan pustaka berisi tentang dasar-dasar teori yang digunakan sebagai acuan dari penelitian. Bab III metodologi penelitian, Bab IV hasil penelitian dan pembahasannya, serta Bab V berupa kesimpulan dan saran.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Material Penyerap Radar (RAM)

Saat ini aplikasi radar (Radio Detection and Ranging) semakin meningkat dalam bidang pertahanan untuk mendeteksi suatu target. Oleh karena itu dalam kemajuan teknologi microwave membuat fokus dalam pengembangan efisiensi anti radar sebagai teknologi siluman (Das dkk., 2014). Perkembangan teknologi anti radar sebagai penunjang pertahanan negara sangatlah pesat. Radar dapat terdeteksi berdasarkan Radar Cross section (RCS), yaitu berupa daerah pada target yang memantulkan sinyal datang.

Untuk memperkecil nilai RCS dikembangkan empat desain anti radar yaitu shaping, Radar Absorbing material (RAM), passive cancellation dan active cancellation. Pada metode shaping digunakan untuk mengurangi sinyal radar yang terpantul kembali ke receiver. Shaping dilakukan dengan mendesain bentuk atau geometri dari benda anti radar secara bersudut, sehingga luasan penampang yang dapat ditangkap radar semakin kecil. Dengan desain bersudut maka gelombang radar yang diterima akan dipantulkan acak ke arah lain sehingga tidak ditangkap kembali oleh receiver. Sedangkan metode yang kedua adalah menggunakan material penyerap gelombang radar yang disebut dengan RAM (Radar Absorbing Material). Pada metode ini didasarkan pada 2 prinsip penyerapan yang terdiri dari aspek magnetik dan aspek dielektrik. Dengan adanya 2 aspek tersebut diharapkan gelombang radar yang diterima dapat diserap dengan sempurna oleh material anti radar. Kemudian metode ketiga yaitu passive cancellation merupakan metode anti radar

dengan cara melapisi material dielektrik. Metode ini didesain untuk memodifikasi impedansi permukaan sehingga sinyal radar yang kembali akan tersebar kemana-mana. Metode keempat yaitu active cancellation yaitu metode yang digunakan untuk mendeteksi sinyal radar yang datang kemudian memperkuat sinyal balik. Sehingga sinyal pantulan memiliki amplitudo yang sebanding dan fase yang berlawanan dengan sinyal datang. Akibatnya sinyal pantul tersebar dan menabrak sinyal datang yang lain (Yuzcelik, 2003).

2.2 Metode Dallenbach Layer

Metode Dallenbach merupakan salah satu metode absorpsi jenis Resonant Absorber. Digunakan metode ini karena media yang digunakan adalah Ferit atau logam besi. Material resonan disebut juga tuned atau penyerap seperempat panjang gelombang. Impedansi material ini tidak harus sesuai dengan dengan medium gelombang datang dan medium penyerap. Gelombang datang pada permukaan material resonan selanjutnya ditransmisikan ke medium penyerap dan direfleksikan kembali oleh logam. Gelombang refleksi tersebut merambat kembali ke material resonan hingga ke permukaan antara material resonan dan medium gelombang datang. Gelombang ini mengalami interferensi destruktif sehingga intensitas total refleksinya nol.

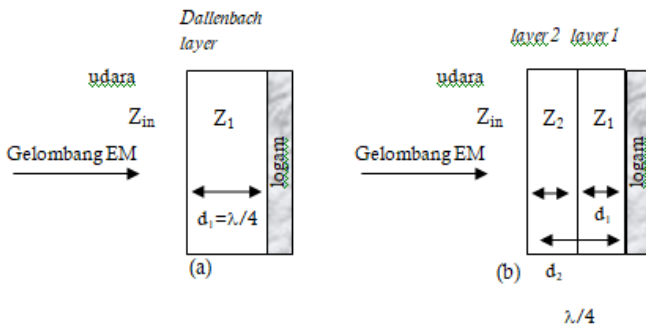
Dallenbach layer merupakan lapisan penyerap yang dilapiskan diatas pelat konduktor seperti logam, lihat Gambar 2.1. Ketebalan lapisan, permitivitas dan permeabilitas dapat diatur untuk meminimalkan refleksi pada panjang gelombang yang diinginkan. Dallenbach layer menyebabkan interferensi destruktif gelombang pantul dari permukaan pertama dan

kedua. Untuk refleksi minimum single layer maka harus memenuhi persamaan berikut ini

$$Z_{in} = Z_1 \tanh(\gamma_1 d_1) \dots \dots \dots (1)$$

dengan Z_{in} adalah impedansi masukan yang diukur dari permukaan ke penyerap. Z_1 , γ_1 , dan d_1 adalah impedansi karakteristik, tetapan rambat dan ketebalan lapisan pertama penyerap gelombang mikro.

Dallenbach layer dapat diaplikasikan untuk satu lapisan atau lebih (multilayer). Multilayer dapat digunakan untuk meningkatkan lebar pita penyerapan. Pada umumnya material yang digunakan sebagai material lapisan ini yaitu ferit. Penggunaan dua atau lebih lapisan dengan pita penyerapan yang berbeda akan meningkatkan penyerapan lebar pita.



Gambar 2.1 Dallenbach layer untuk (a) single layer
(Saville, 2005)
dan (b) double layer (Feng, 2007)

Penelitian penelitian seyang dilakukan menghasilkan perluasan daerah penyerapan gelombang mikro pelapisan *double layer* dengan metode *Dallenbach layer* (ketebalan 4 mm).. Daerah pita penyerapan *single layer* (material BaM,

PANi) dan *double layer* (PANi-BaM, BaM-PANi) pada frekuensi 10-13 GHz.

2.3 Barium M- Hexaferrite / $\text{BaFe}_{12-x}\text{Zn}_x\text{O}_{19}$ (BAM)

Nanopartikel magnetik merupakan salah satu objek kajian yang banyak diminati. Sifat fisis yang unik dari nanopartikel magnetik adalah sifat kemagnetan yang dimilikinya. Magnetisasi (per atom) dan anisotropi magnetik nanopartikel berbeda dengan sifat material bulk, serta memiliki perbedaan suhu Curie (T_c) dan suhu Neel (T_n).

Sifat lain yang istimewa pada nanopartikel magnetik yaitu bersifat superparamagnetik. Sifat superparamagnetik merupakan sifat yang muncul pada material berorde satu domain magnetik. Ukurannya yang kecil menyebabkan material tersebut sangat reaktif terhadap medan magnet luar, namun jika medan magnet luar dihilangkan pengaruhnya secara perlahan-lahan maka sifatnya akan mirip dengan material paramagnetik. (Muh.Pauzan, 2013)

Golongan material heksagonal ferrit memiliki sifat kemagnetan dapat direkayasa sedemikian rupa, sehingga banyak dipakai dalam berbagai penelitian ilmiah. Material heksagonal ferrit yang paling banyak diteliti saat ini adalah tipe M seperti barium heksaferrit (BaM) dan cobalt heksaferrit (Pullar, 2012). Hal ini dikarenakan material heksagonal ferrit memiliki kestabilan kimia yang bagus dan relatif lebih ekonomis dalam produksi, sehingga sangat cocok untuk diterapkan dalam peralatan teknologi dijangkauan yang lebih luas (Efhana dkk., 2013).

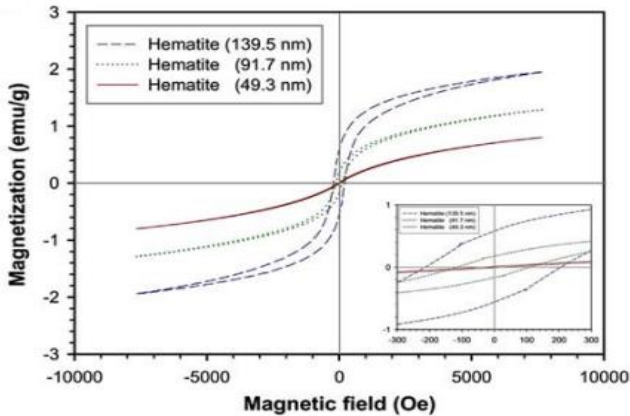
Tabel 2.1 Klasifikasi tipe heksagonal ferrit berdasarkan rumus molekul (Pullar, 2012)

Tipe Ferrit	Rumus Molekul	Keterangan
M	$RFe_{12}O_{19}$	
W	$RMe_2Fe_{16}O_{27}$	R = Ba, Sr, Pb
X	$R_2Me_2Fe_{28}O_{46}$	Me = Ion Divalen
Y	$R_2Me_2Fe_{12}O_{22}$	$(Zn^{2+}, Mn^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+})$
Z	$R_3Me_2Fe_{24}O_{41}$	
U	$R_4Me_2Fe_{36}O_{60}$	

Nanopartikel magnetik memiliki beberapa jenis seperti $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$, $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ dan Fe_3O_4 . Masing-masing jenis partikel tersebut memiliki sifat yang berbeda. $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ memiliki struktur *cubic closed-packed* dengan kesetimbangan kimia yang baik, dan biasanya digunakan untuk perekaman dengan media magnet. $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ memiliki struktur rhombohedral dengan parameter kisi $a = 5.0345 \text{ \AA}$ dan $c = 13.749 \text{ \AA}$. Hematite merupakan material yang paling stabil diantara jenis nanopartikel magnetik lainnya. Hematite akan bersifat sebagai material *antiferomagnetik* pada suhu di bawah $\sim 260\text{K}$ dan bersifat *soft ferromagnetik* di antara suhu $260\text{-}960\text{K}$ (Efhana dkk., 2013).

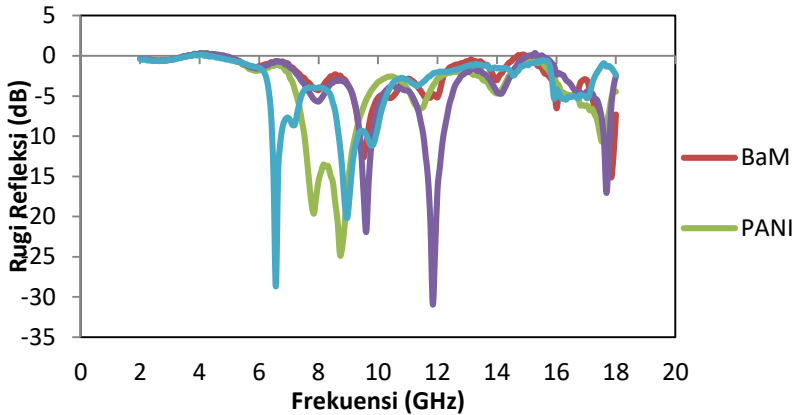
Peneitian dari Kitibodee (2013) menunjukkan bahwa *Hematite* bersifat sebagai *soft ferromagnetic* pada suhu kamar dengan nilai magnetisasi saturasi (M_s) terbesar adalah sebesar $1,94 \text{ emu/g}$ dan bersifat superparamagnetik. Superparamagnet adalah material yang mirip dengan paramagnet tetapi mengandung juga sifat material ferromagnet atau mengandung domain magnet dalam ukuran kecil. Dalam kondisi dibawah

temperatur Curie, energi termal tidak cukup memisahkan interaksi gaya antara atom-atom tetapi hanya cukup untuk mengubah arah magnetisasi di dalam domain tersebut. Proses ini menyebabkan medan magnet menjadi nol dan material akan menyerupai material paramagnet.



Gambar 2.2 Kurva Magnetisasi dari partikel Hematite dengan perbedaan ukuran partikel

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa material *Hematite* mampu menyerap gelombang elektromagnetik dengan rugi refleksi yang cukup besar, yaitu sebesar -28.69 dB pada frekuensi 6,56 GHz. Pada dasarnya material ferit mempunyai kemampuan untuk menyerap gelombang mikro karena sifat kemagnetannya (Bayrakdar,2012). Gambar 2.3 menunjukkan grafik rugi refleksi *single layer* dari material BaM, PANi, Komposit PANi/BaM dan *Hematite* terhadap frekuensi dengan rentang 2-18 GHz.



Gambar 2.3 Grafik rugi refleksi *single layer* (a) BaM, (b) PANi, (c) Komposit PANi/BaM, dan (d) *Hematite* pada frekuensi 2-18 GHz.

Barium hexaferrite memiliki anisotropi uniaxial. Magnetisasi membuat bulir-bulirnya terorientasi secara teratur sepanjang sumbu-c. Medan anisotropi yang tinggi membuatnya sesuai untuk digunakan pada frekuensi yang lebih tinggi. Barium hexaferrite sebagai magnet ferrit, disamping memiliki permeabilitas, permitivitas dan magnetisasi spontan yang relatif tinggi, juga tersusun oleh komponen-komponen oksida sehingga juga memiliki resistivitas listrik yang tinggi atau isolator yang baik. Kombinasi sifat intrinsik antara sifat magnetik dan sifat listrik dari ferit seperti itu menempatkan material magnet ferrit sebagai penyanggah gelombang-gelombang mikro termasuk gelombang dengan frekuensi yang digunakan dalam RADAR (Sulistyo, 2012).

2.4 Pengaruh Substitusi Ion Zn

Substitusi ion dapat dilakukan apabila terjadi perpindahan atom yang memiliki ukuran lebih kecil atau relatif sama dari atom yang akan di gantikan. Atom dapat berpindah jika terdapat kekosongan atau memiliki energi vibrasi yang cukup untuk melewati energi hambat saat proses difusi. Difusi atom adalah pergerakan atom-atom dari satu tempat ke tempat lain akibat adanya pemberian energi pada atom-atom tersebut (Yuliana, Zainuri, 2011). Logam transisi termasuk dalam kelas logam divalen, yang mana sering digunakan karena memiliki persamaan jari-jari ionik dan konfigurasi elektron dengan ion Fe^{3+} padastruktur BaM (Priyono, 2013).

Semakin tinggi sifat anisotropi BaM maka medan koersivitas juga semakin besar, akibatnya kemampuan penyerapan BaM menjadi semakin lemah. Oleh karena itu untuk mengurangi atau menurunkan sifat anisotropi pada BaM diperlukan proses doping dengan ion divalen lainnya. Divalen logam transisi seperti Co, Zn, Ti, dan Mn sering digunakan sebagai ion doping BaM (Sholihah and Zainuri, 2012). Zn (Zinc) merupakan logam yang berwarna putih kabuan dan bersifat diamagnetik. Logam ini bersifat keras dan rapuh pada suhu rendah. Zn memiliki titik lebur dan titik didih pada 419,53oC dan 907oC (Pangga, 2011).

Ion besi (Fe^{3+}) pada struktur BaM memiliki bilangan oksidasi+3 dengan jari-jari ionik sebesar 0,065 nm, sedangkan Zn^{2+} memiliki bilangan oksidasi +2 dengan jari-jari ionik sebesar 0,074 nm. Dengan nilai jari-jari ionik yang hampir sama maka proses pendopongan material BaM dengan ion Zn dapat dilakukan. Proses doping merupakan proses mensubstitusikan ion unsur lain kedalam struktur kristal

tertentu. Pada proses doping ion Zn^{2+} akan menggantikan ion Fe^{3+} tetapi tidak merubah struktur kristal yang dimiliki material BaM. Ion Zn^{2+} digunakan untuk mengacak-acak susunan domain magnetik BaM, sehingga dapat menurunkan sifat kemagnetan dari hardmagnetik menjadi softmagnetik (Sholihah dan Zainuri, 2012).

Karena informasi tentang pengaruh semata-mata Zn doping pada struktur dan sifat fungsional hexaferrites barium jarang dalam literatur, kation ini dipilih sebagai objek untuk studi terperinci mengenai sifat substitusi pada sifat-sifatnya.

Penelitian ini berfokus pada substitusi Zn ke BaM. Tujuan kami adalah untuk mengganti Zn di lokasi Ba dengan komposisi nominal, $\text{Ba}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ ($0,0 \leq x \leq 0,3$) hexaferrites melalui metode pembakaran otomatis gel sol. Sifat dari semua produk dicirikan untuk aplikasi yang sesuai pada media perekaman magnetik dan magneto-optik dengan densitas tinggi (Chavan, 2016).

2.5 Polianilin (PANi)

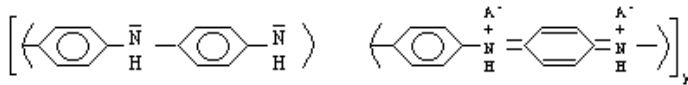
Polianilin(PANi) merupakan polimer konduktif yang unik karena sifat optoelektriknya dapat dikontrol dengan mengubah derajat oksidasi pada rantai utama. Polianilin (PANi) diperoleh dari melalui proses polimerisasi monomer anilin. Anilin merupakan senyawa organik dengan komposisi $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ yang termasuk ke dalam kelompok senyawa aromatik yang mempunyai berat molekul 93 gr/mol, titik didih $183 - 186^\circ\text{C}$, indeks bias 1,58 dan rapat massa 1,002 kg/liter. Bentuk molekul anilin adalah heterosiklik enam sisi dengan amina merupakan salah satu substansi pembentuknya. Ikatan kimia pada molekul anilin adalah ikatan kovalen dengan tiga buah ikatan rangkap. Anilin larut dalam senyawa organik

seperti alkohol, benzena, kloroform dan acetone. Polimer PANI mempunyai dua gugus berulang, yaitu gugus tereduksi dan gugus teroksidasi. Gugus-gugus tersebut mengandung molekul-molekul berbentuk cincin benzoid dan cincin kuinoid yang dihubungkan satu sama lain oleh atom nitrogen melalui ikatan amina ($-NH-$) dan imina ($-N=$) (Setianingsih dkk, 2014).

2.5.1 Struktur Molekul Polianilin

Polianilin (PANI) merupakan bahan polimer yang terbentuk dari pengulangan unit kimia monomer–monomer anilin ($C_6H_5NH_2$). Penggabungan monomer–monomer anilin tersebut membentuk cincin–cincin benzoid dan kuinoid yang dihubungkan oleh atom–atom nitrogen melalui ikatan amin dan imin. PANI memiliki aspek kestabilan kimia di udara yang paling baik di antara bahan polimer lainnya. Faktor inilah yang memungkinkan PANI sebagai bahan yang berpotensi tinggi untuk produksi komersi.

Berdasarkan tingkat oksidasinya, ada 3 jenis struktur PANI yaitu basa pernigranilin, emeraldin, dan leukoemeraldin. Bentuk oksidasi PANI tersebut bersifat isolator. Basa emeraldin dapat dibuat konduktif dengan cara protonasi, yang nantinya akan menghasilkan polianilin berbentuk garam emeraldin dengan struktur seperti Gambar 2.6. Proses protonasi ini menghasilkan cacat rantai, sehingga terdapat bipolaron yang dapat menghantarkan arus listrik. Proses protonasi basa emeraldin menyebabkan PANI tersebut berada pada level semikonduktor. Pola difraksi PANI memiliki tiga puncak difraksi pada sudut $2\theta = 14.5^\circ$, 19.6° , dan 25.5° . Pola difraksi ini mengidentifikasi struktur semikristalin PANI



Gambar 2.4 Struktur PANI dalam bentuk garam emeraldin

2.5.2 Konduktivitas Polianilin

Salah satu cara peningkatan konduktivitas bahan polimer adalah pemberian doping sehingga konduktivitas listrik akan timbul dari dopan yang bersifat konduktor. Mekanisme konduktivitas pada PANI disebabkan oleh kehadiran polaron pada saat proses doping. Polaron ini timbul akibat protonasi dari imin nitrogen. Mekanisme protonasi diawali oleh larutan asam yang terionisasi oleh aquades menjadi ion H^+ dan A^- . Pada gugus teroksidasi pasangan elektron bebas dari atom N akan cenderung mengikat ion H^+ secara kovalen dan untuk mempertahankan kenetralannya maka ion A^- akan cenderung tertarik secara ionik dengan atom N. Protonansi ini sangat dipengaruhi oleh keadaan oksidasi dari polianilin dan pH selama proses polimerisasi. Protonasi sempurna didapatkan pada keadaan teroksidasi setengah (basa emeraldin). Proses doping ini dapat meningkatkan konduktivitas PANI sampai orde 10^{10} . Konduktivitas dari polimer konduktif meningkat seiring peningkatan konsentrasi doping (Muh, Pauzan 2013).

Berdasarkan penelitian Maddu (2008) diperoleh nilai konduktivitas PANI dengan HCl $4,4 \pm 1,7 \text{ Scm}^{-1}$ pada temperatur ruang, sedangkan besarnya konduktivitas dalam keadaan basa PANI $1,4 \times 10^{-8} \text{ Scm}^{-1}$. Selain dopan HCl, pemberian dopan asam kuat lainnya seperti *Dodecyl Benzene Sulphonic Acid* (DBSA) dapat meningkatkan konduktivitas PANI. DBSA berperan sebagai dopan dan juga surfaktan.

Penelitian Ramli (2011) mensintesis komposit PANI/BaM menggunakan metode polimerisasi in situ dengan dopan DBSA diperoleh nilai konduktivitas sebesar $1,2\text{--}4,5 \text{ Scm}^{-1}$.

PANi merupakan pilihan yang terbaik bila dibandingkan polimer-polimer konduktif lainnya karena lebih mudah dibuat, biaya murah, dan sifat yang diinginkan, yaitu memiliki kestabilan termal dan kimia, massa jenis rendah, konduktivitas yang dapat dikontrol, dan konduktivitas tinggi pada frekuensi gelombang mikro. Hal ini menjadikan PANi sebagai kandidat yang baik untuk dijadikan material penyerap gelombang mikro. Akan tetapi PANi merupakan material dielektrik dan rugi magnetiknya hampir mendekati nol (rugi magnetiknya rendah (Sudati, 2013).

BAB III METODOLOGI

3.1 Alat Dan Bahan

3.1.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *ultrasonic cleaner*, penumbuk kuningan atau lumpang, alumunium foil, gelas ukur, beaker glass, magnetic stirrer, hot plate, mortar keramik, gelas erlemeyer, spatula kaca, spatula besi, pipet, kertas saring, kertas PH, timbangan digital, pirometer, kertas karton, crucible, tabung styrofoam, ayakan 170 mesh, ayakan 200 mesh, bola milling, planetary ball milling dan Furnace.

3.1.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Fe_3O_4 yang berasal dari batu besi dari Kab Tanah Laut provinsi Kalimantan Selatan, serbuk Zn (pro analis, Merck), *Hydrochloric Acid* (HCl) (pro analis, Merck), Amonia Solution (pro analis, Merck), plat baja grade A tipe AH36, cat kapal Aghata, thinner, dan aquades.

3.2 Prosedur Kerja

Pada prosedur penelitian ini dibagi menjadi beberapa bagian yaitu preparasi dan pemurnian serbuk batu besi, sintesis Kopersipitasi Fe_2O_3 , sintesis Barium M-Heksaferrit, sintesis polianilin, pelapisan dan karakterisasi.

3.2.1 Preparasi dan Pemurnian Serbuk Batu Besi

Batu Besi Tanah Laut ditumbuk untuk mereduksi ukuran hingga halus dengan menggunakan penumbuk kuningan atau lumpang. Serbuk batu besi diayak dengan ciever 170 mesh. Dilakukan separasi magnetik untuk memisahkan serbuk batu besi (magnetik) dengan pengotor (non magnetik). Serbuk batu besi yang telah diseparasi dicuci menggunakan *ultrasonic cleaner* dengan menggunakan media akuades dan alkohol untuk menghilangkan sisa pengotor organik hingga akuades dan

alkohol tidak keruh lagi. Langkah selanjutnya serbuk batu besi dikeringkan. Kemudian dilakukan pengujian XRF untuk mengetahui tingkat kemurnian Fe dari serbuk batu besi.

3.2.2 Sintesis Kopresipitasi Fe_2O_3

Proses sintesis kopresipitasi hematit (Fe_2O_3) dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Disiapkan serbuk batu besi (Fe_3O_4)
- b. Fe_3O_4 dilarutkan dalam HCl 37% diaduk dengan menggunakan magnetik stirrer selama 60 menit pada suhu 70°C .
- c. Larutan yang terbentuk setelah distirrer kemudian disaring untuk memisahkan larutan FeCl_2 . FeCl_3 dan H_2O dari serbuk batu besi sisa reaksi.
- d. Kemudian larutan FeCl_2 . FeCl_3 dititrasi dengan menambahkan larutan Amonia (NH_4OH) secara perlahan hingga mencapai PH 9 agar terbentuk endapan sempurna.
- e. Endapan dicuci dengan menggunakan akuades hingga mencapai PH 7.
- f. Endapan dikeringkan pada suhu 100°C dan diperoleh prekursor Fe_2O_3 .
- g. Prekursor dikalsinasi pada suhu 600°C dengan waktu penahanan selama 5 jam agar diperoleh serbuk kristalin hematit Fe_2O_3 .

3.2.3 Sintesis Barium Heksaferrit

Proses sintesis Barium Heksaferrit (BaM) dilakukan dengan menggunakan metode *solid state wet milling*. Adapun langkah yang dilakukan adalah seperti berikut :

- a. Disiapkan serbuk Fe_2O_3 , serbuk BaCo_3 dan serbuk Zn.
- b. Proses milling dilakukan dengan menggunakan perbandingan antara sampel : alkohol : bola milling yaitu 1 : 5/3 : 5 pada kecepatan 150 rpm selama 4 jam dengan waktu henti 30 menit tiap 1 jam.

- c. Serbuk Fe_2O_3 dicampurkan dengan serbuk BaCo_3 dan serbuk Zn sesuai dengan perhitungan stoikiometri ke dalam jar milling.
- d. Campuran hasil wet milling dikeringkan pada suhu 70°C untuk mendapatkan prekursor BaM.
- e. Prekursor BaM yang diperoleh kemudian dikalsinasi pada suhu 1100°C dengan rate naik dan rate turun 3°C permenit, waktu penahanan yang digunakan selama 8 jam.
- f. Diperoleh serbuk kristalin BaM.

3.2.4 Sintesis Polianilin (PANi)

Sintesis PANi dengan menggunakan metode polimerisasi dilakukan dalam beberapa tahapan sebagai berikut :

- a. Anilin dan DBSA (Dodecyl Benzene Sulfonic Acid) dilarutkan dalam air destilasi/akuades selama 30 menit dengan diaduk menggunakan stirrer hingga warna menjadi putih keruh.
- b. Amonium perokdisulfat (APS) dilarutkan dalam akuades selama 30 menit.
- c. Proses polimerisasi terbentuk dengan menambahkan larutan inisiator (APS) pada larutan (a) pada suhu 0°C secara perlahan.
- d. Dilakukan proses polimerisasi selama 8 jam hingga diperoleh gel yang berwarna hijau tua.
- e. Larutan PANi yang terbentuk disaring dan dicuci dengan menggunakan akuades dan aseton sampai air pencucinya bening, kemudian dikeringkan pada suhu ruang.
- f. Diperoleh serbuk PANi.

3.2.5 Pelapisan Multilayer

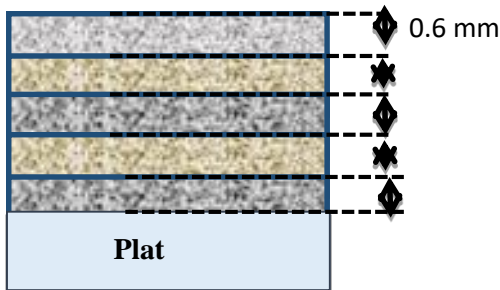
Pelapisan Multilayer material pada plat baja kapal grade A tipe AH-36 dilakukan sebagai berikut:

- a. Pengadukan cat kapal Aghata dan material anti radar dilakukan dengan cara pencampuran -mekanik.

Pengadukan dilakukan selama 10 menit sampai homogen menggunakan alat pencampur berkecepatan ± 8000 rpm.

- b. Setelah proses pengadukan selesai, bahan kemudian dilapiskan pada plat baja grade A tipe AH36 secara merata.
- c. Lapisan material dan cat dikeringkan beberapa hari. Pelapisan lapisan kedua dan ketiga dilakukan dengan cara yang sama.
- d. Pelapisan *multilayer* didasarkan pada variasi fraksi massa cat dengan material anti radar dan juga variasi tebal pelapisan diantaranya 2.4, 3.6, 4.8, 6 mm.

Desain eksperimen pelapisan dengan metode *Dallenbach layer* digambarkan sebagai berikut:



Gambar 3.1 Pelapisan Plat Baja

Pelapisan dilakukan pada plat baja AH 36 yang serupa dengan plat lambung kapal. Material penyerap radar dicampurkan pada cat kapal dengan prosentase 10% dari total larutan dan ketebalan 2.4, 3.6, 4.8, 6 mm.

Tabel 3.1 Perbandingan massa Cat dan RAM

Lapisan	Perbandingan fraksi Volum			Jumlah massa (gram)		
	BaM	PANi	Cat	BaM	PANi	Cat
Layer 1	-	0,1	0,9	-	1	10
Layer 2	0,05	0,05	0,9	0,5	0,5	10
Layer 3	0,1	-	0,9	1	-	10
Layer 4	0,05	0,05	0,9	0,5	0,5	10

3.3 Karakterisasi Sampel

3.3.1 X-Ray Flourescence (XRF)

Pengujian XRF digunakan untuk mengukur komposisi elemen dan oksida dari suatu material. Sinar X sumber saat mengenai sampel akan dipantulkan oleh atom-atom material. Pancaran sinar X yang dihasilkan dari proses ini disebut analisis X-Ray Flourescence. Pengujian ini dilakukan di Universitas Negeri Malang pada Labolatorium Fisika Bahan.

3.3.2 Difraksi Sinar-X (XRD)

Untuk mengetahui fasa-fasa yang menyusun Barium Hexaferit dan bahan konduktif PANi dilakukan pengukuran dengan menggunakan difraksi sinar-X menggunakan lampu philips X'Pert MPD (Multi Purpose Diffractometer) di laboratoririum jurusan Material dan Metalurgi Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Sumber radiasi yang digunakan adalah Cu dengan panjang gelombang $1,54056 \text{ \AA}$ dan dioperasikan pada teganga 40 KV serta arus 30 mA. Pola difraksi yang diperoleh dianalis secara kualitatif dan kuantitatif. Analisis kualitatif dilakukan dengan bantuan perangkat lunak Match!. Untuk mengetahui karakteristik material secara kuantitatif berdasarkan data difraksi sinar-X maka dilakukan analisis Rietveld.

3.3.3 Fourier Transform Infrared (FTIR)

Fourier Transform Infrared (FTIR) Untuk mengetahui ikatan-ikatan yang terbentuk dalam material PANi dan BaM. dilakukan pengujian FTIR yang berkaitan dengan energi

vibrasional molekul. Pengujian spektroskopi FTIR dilakukan di Laboratorium instrumen jurusan Kimia ITS. Alat ini memiliki 20 bilangan gelombang ($V_m = 1/\lambda$) yang berada pada kisaran 4000-400 cm^{-1} atau pada panjang gelombang 2,5 μm -25 μm .

3.3.4 Scanning Electron Microscope (SEM)

Untuk mengetahui struktur mikro atau morfologi serta ukuran butir rata-rata dari BaM dan komposit karbon aktif/BaM dilakukan pengujian SEM. Pengujian SEM dilakukan di Laboratorium Fisika Universitas Negeri Semarang. Pengujian ini menggunakan alat SEM EVO MA 10 dengan perbesaran hingga 1.000.000 kali.

3.3.5 Vector Network Analyzer (VNA)

Vector Network Analyzer (VNA) digunakan untuk mengukur gelombang mikro dan parameter scattering suatu bahan pada rentang frekuensi 10 MHz sampai 110 GHz. pengukuran VNA secara akurat adalah perbandingan kompleks dari sinyal terpantul (refleksi) dengan sinyal awal (S11) sebagaimana perbandingan antara sinyal tertransmisi (terpancar) dengan sinyal awal (S21). Pengukuran dilakukan di LIPI Bandung dengan menggunakan VNA ADVANTEST tipe-3770.

3.3.6 Four Point Probe (FPP)

Four Point Probe (FPP) digunakan sebagai alat karakterisasi konduktifitas listrik material. Prinsip kerja dari FPP yaitu dengan menggunakan 4 probe sejajar. 2 probe ditengah digunakan untuk mengukur tegangan dan 2 probe ditepi digunakan untuk mengukur arus sampel. Terdapat 2 tipe metode pengukuran dengan FPP yaitu pengukuran resistivitas sampel bulk dan thicksheet. Pengukuran metode bulk diasumsikan bahwa ketebalan sampel harus lebih besar daripada jarak antar probe, sedangkan pengukuran dengan metode thicksheet diasumsikan bahwa ketebalan sampel harus

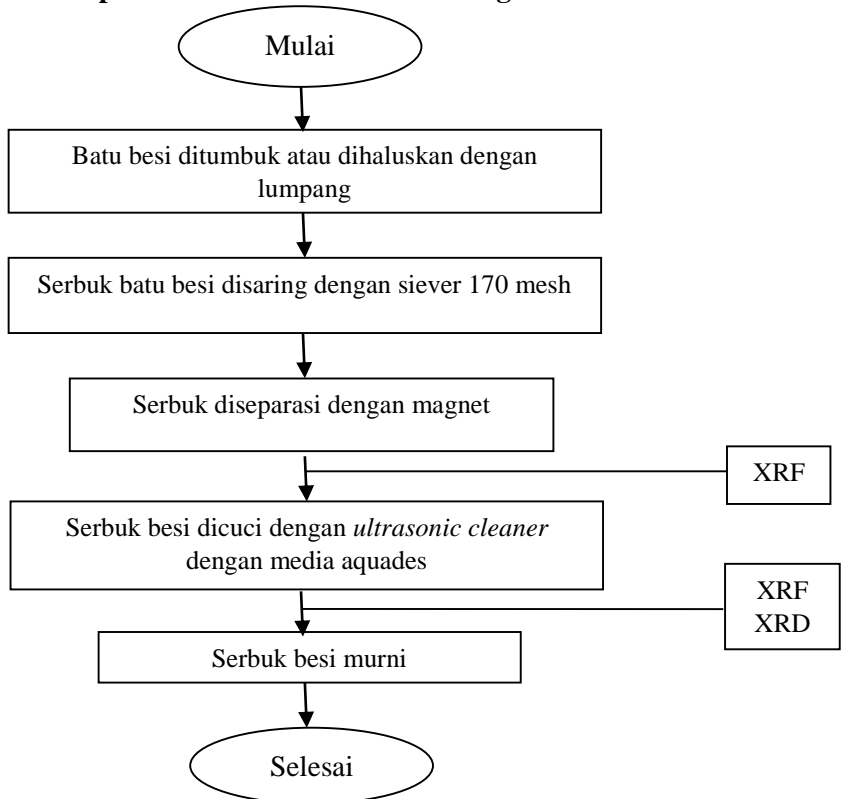
lebih kecil daripada jarak antar probe. Pada karakterisasi penelitian ini digunakan metode thicksheet.

1.3.7 Vibrating Sample Magnetometer (VSM)

Pengujian VSM dari pasir besi dilakukan untuk memperoleh kurva histeris magnetisasi suatu bahan, baik sebagai fungsi temperatur (maksimal 300 K) dan sebagai fungsi medan luar (maksimal $\pm 1,2$ T). Pengujian VSM ini dilakukan di BATAN Serpong dan nama alatnya yaitu OXFORDVSM1,2

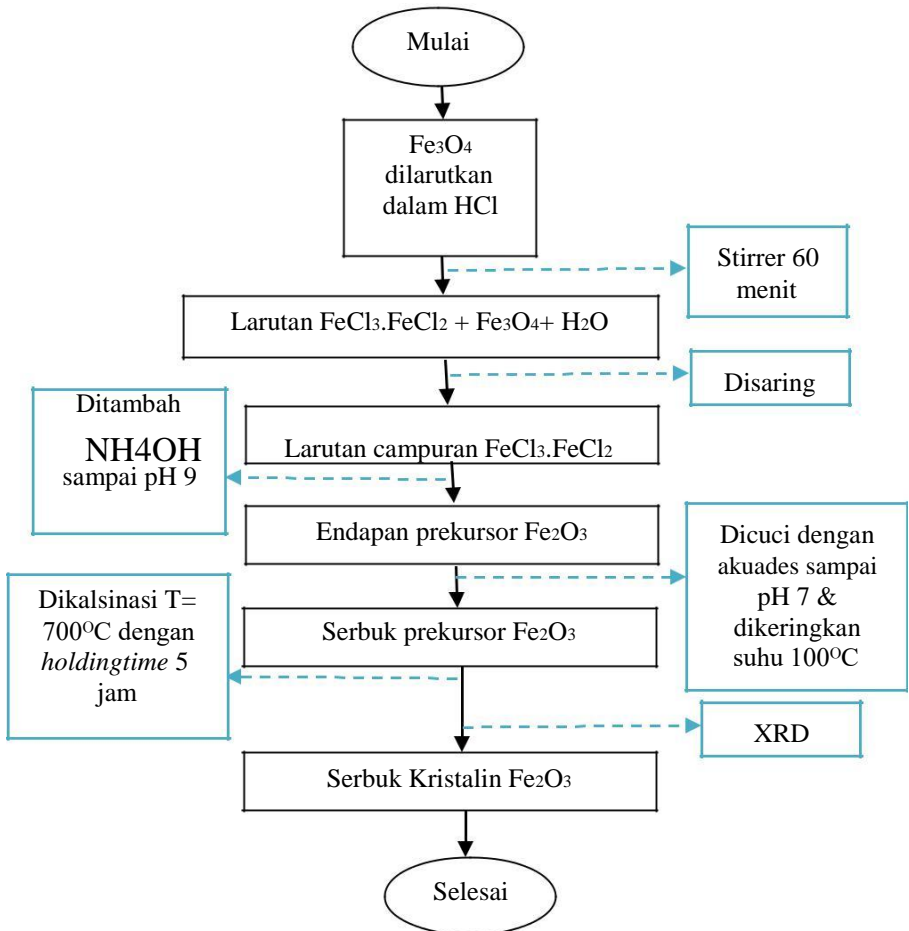
3.4 Diagram Alir Penelitian

3.4.1 Preparasi dan Pemurnian Batu Magnetik



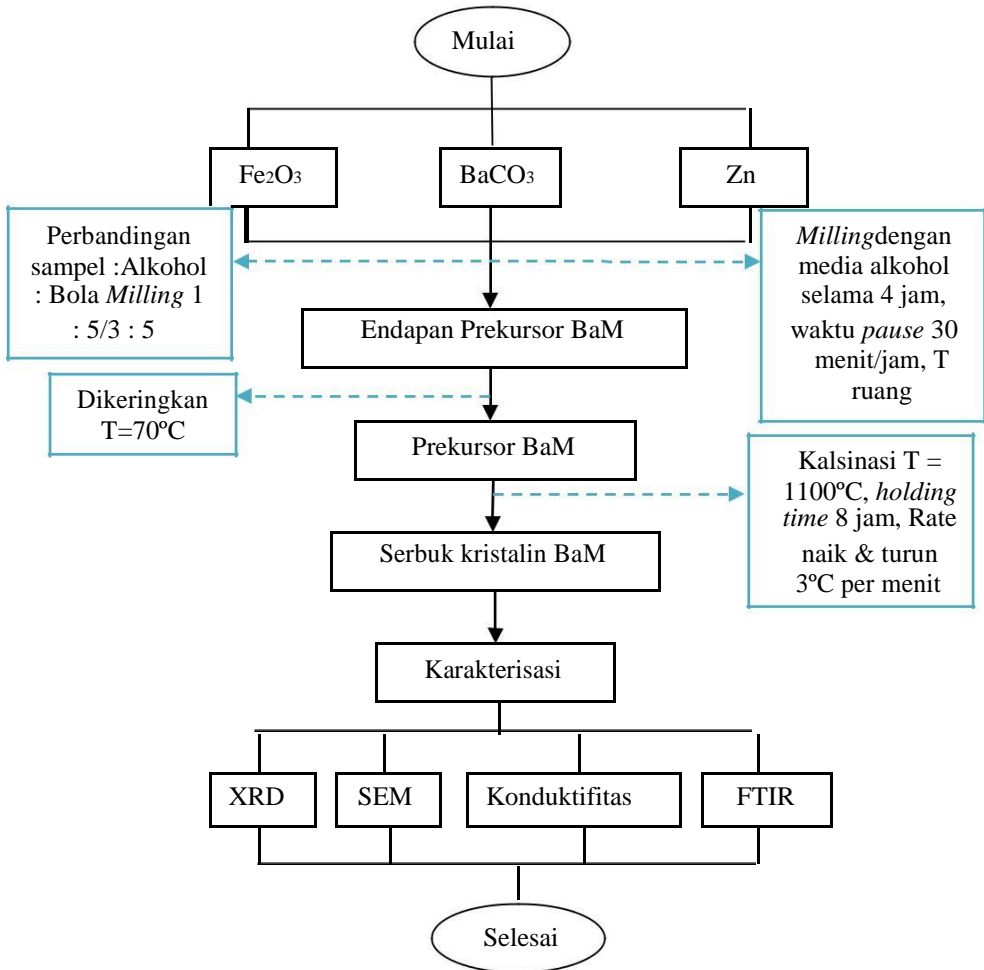
Gambar 3. 2 Diagram alir preparasi dan pemurnian batu magnetik

3.4.2 Sintesis Kopresipitasi Fe_2O_3



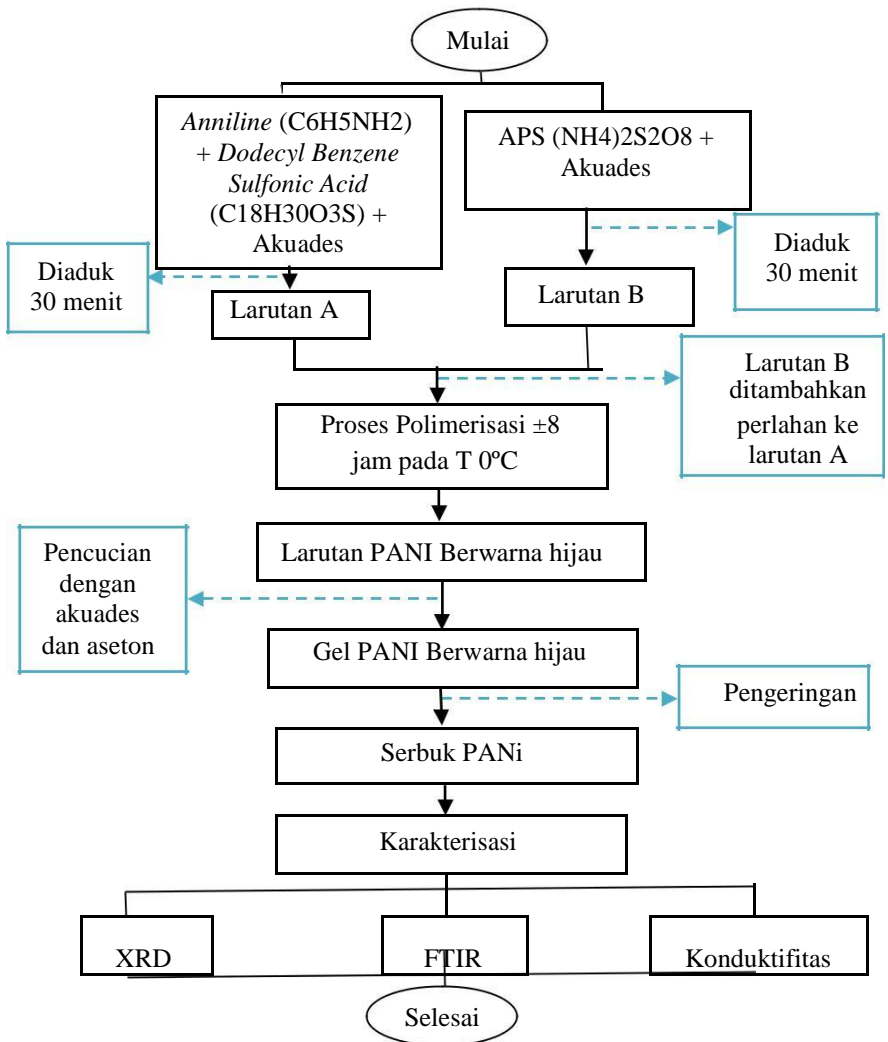
Gambar 3. 3 Diagram alir sintesis kopresipitasi Fe_2O_3

3.4.3 Sintesis Barium Heksaferrit



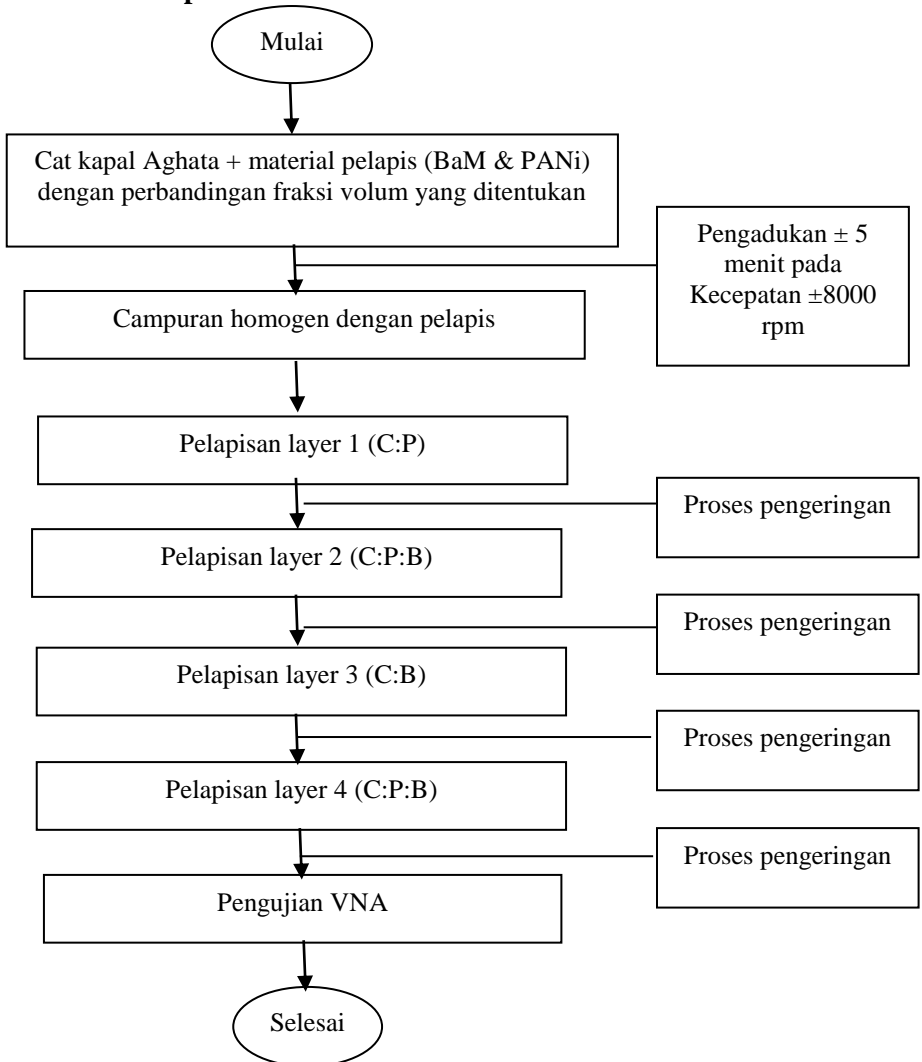
Gambar 3. 4 Diagram alir sintesis BaM

3.4.4 Sintesis Polianilin (PANI)



Gambar 3. 5 Diagram alir sintesis PANi

3.4.5 Pelapisan Material



Gambar 3. 6 Diagram alir pelapisan multilayer

“ halaman ini sengaja dikosongkan ”

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Pasir Besi

Pasir besi merupakan bahan baku yang magnetik yang digunakan sebagai bahan dasar pembuatan *Radar absorbing materials* (RAM), dan berasal dari batuan besi Kab. Tanah laut Kalimantan selatan. RAM sebagai material penyerap gelombang elektromagnetik harus memiliki sifat sebagai bahan magnetik dan dielektrik. Bahan pasir besi yang banyak mengandung elemen ion besi (Fe) memiliki kecenderungan sifat sebagai bahan magnetik, hal tersebut dikarenakan konfigurasi dipol-dipol magnetinya di dalam struktur kristal oksidanya tidak memiliki kecenderungan isotropik atau uniaxial. Pada penelitian ini, pasir besi yang digunakan di desain sebagai bahan magnetik yang diharapkan mampu menjadi material penyerap melalui mekanisme interaksi kemagnetannya dengan gelombang elektromagnetik. Maka dari itu perlu dilakukan sintesis agar material tersebut memiliki kesesuaian untuk memaksimalkan nilai penyerapan gelombang mikro.

4.1.1 Preparasi Batuan Serbuk Fe_3O_4

Batu besi yang masih dalam bongkahan direduksi secara mekanik dan diseragamkan ukurannya dengan menggunakan penyaring (sieve) yang berukuran 170 mesh. Selanjutnya dilakukan proses separasi dengan magnet yang bertujuan untuk memisahkan material yang magnetik dan non magnetik. Serbuk pasir besi yang didapatkan berwarna coklat kehitaman, dan mempunyai struktur laterit. Melalui mekanisme pembersihan permukaan partikel serbuk dari elemen pengotor organik digunakan alkohol agar permukaan partikel terbebas dari kontaminasi yang tidak diharapkan. Proses selanjutnya mengidentifikasi kandungan elemen dengan menggunakan XRF (*X-Ray Fluorescence*) terhadap pasir besi laterit, dimana hasilnya dapat ditunjukkan pada tabel 4.1. Berdasarkan hasil uji XRF, kandungan mineral

tertinggi dari pasir besi adalah unsur Fe sebesar 91,04%. Sedangkan elemen mineral lainnya selain Si 3,3%. Untuk meningkatkan kandungan Fe, dilakukan proses leaching untuk menghilangkan mineral-mineral yang tidak dikehendaki dengan *Ultrasonic Cleaner* (UC) dengan media aquades. Proses ini dilakukan sebanyak 6 kali sampai diperoleh secara kualitatif warna pasir besi yang hitam pekat. Terdapat perbedaan warna pasir besi sebelum pencucian yang cenderung berwarna coklat kehitaman dengan setelah pencucian (leaching) yang berwarna hitam pekat. Untuk mengetahui perbedaan kandungan mineral sebelum dan setelah pencucian maka dilakukan kembali pengujian XRF.

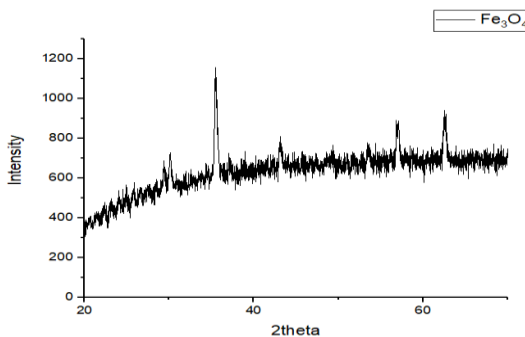
Tabel 4.1 Data karakterisai batu besi tanah laut menggunakan XRF

Unsur	Sebelum Pemurnian (%)	Sesudah Pemurnian (%)
Fe	91,04 %	98,55 %
Si	3,3 %	-
P	0,2 %	-
Ca	2,46 %	0,35 %
V	0,035 %	-
Cr	0,1 %	0,097 %
Mn	0,31 %	0,26 %
Ni	0,073 %	0,08 %
Cu	0,76 %	0,1 %
Br	0,43 %	-
Rb	0,55 %	0,69 %
La	0,10 %	0,05 %
Eu	0,60 %	-
Os	0,2 %	-
Yb	-	0,08 %

Pembuatan *Radar Absorbing Material* (RAM) menggunakan material batu besi. Sumber Fe pada penelitian ini diperoleh dari batu besi Tanah Laut Kalimantan Selatan. Sebelum dilakukan preparasi serbuk Fe, batu besi dikarakterisasi menggunakan XRF (*X-Ray Fluorescence*) untuk mengetahui persentase kandungan unsur dalam batu besi. Kemudian batu besi ditumbuk untuk mereduksi ukuran

dan dilakukan separasi magnetik agar material magnetik dan *non* magnetik dapat dipisahkan. Selanjutnya dilakukan pemurnian menggunakan UC dengan media alkohol 98,55% untuk menghilangkan pengotor yang tersisa pada serbuk Fe. Tahapan terakhir serbuk Fe dikarakterisasi kembali dengan menggunakan XRF untuk mengetahui persentase Fe setelah tahap pemurnian. Hasil karakterisasi XRF batu besi sebelum dan sesudah pemurnian dapat dilihat pada tabel 4.1.

Dari tabel 4.1 dapat diketahui bahwa batu besi tanah laut memiliki kandungan Fe sebesar 91,04% sebelum dilakukan pemurnian. Terdapat kandungan unsur pengotor lain yang beragam dengan persentase yang rendah seperti Si, Ca, Cu, Rb, Br, Mn. Setelah dilakukan pemurnian persentase Fe meningkat menjadi 98,55%. Sedangkan persentase unsur pengotor lainnya semakin menurun bahkan ada unsur yang hilang seperti Si, P, Br, Eu. Besi atau Fe dalam tersedia dalam beberapa bentuk mineral seperti hematit (α -Fe₂O₃), magnetit (Fe₃O₄), dan maghnetit (γ -Fe₂O₃). Ion Fe³⁺ yang dibutuhkan dalam sintesis Barium M-Heksaferrit dapat ditemukan dari mineral magnetit maupun hematit. Sehingga sebelum menggunakan serbuk batu besi yang telah dimurnikan tersebut, harus diketahui fasa apa yang terkandung didalamnya. Untuk mengetahui jenis fasa yang ada dalam serbuk batu besi maka dilakukan karakterisasi dengan menggunakan XRD (*X-Ray Diffraction*) pada sudut 20°-70° dengan sumber radiasi Cu-K α (λ =1,54056 nm).



Gambar 4. 1 Data karakterisasi XRD batu besi

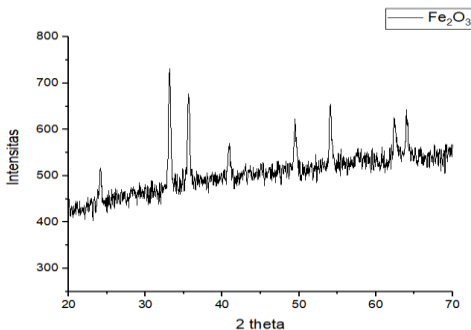
Kemudian hasil karakterisasi fasa tersebut dianalisa dengan menggunakan *software Match2!*. Pengolahan dengan *software Match2!* dilakukan dengan mencocokkan puncak-puncak dari pola difraksi terhadap referensi yang telah tersedia. Analisa dengan *software Match2!* termasuk dalam analisa secara kualitatif. Berdasarkan data [PDF 00-074-1849] dapat diketahui fasa dominan batu besi adalah fasa magnetit (Fe_3O_4) sebesar 100%.

4.2 Pembentukan Fase Hematit Fe_2O_3

Batu besi yang sudah dihaluskan dan ditumbuk menjadi serbuk besi tersebut lalu dimurnikan, merupakan sumber material ion Fe^{3+} dalam pembuatan material BAM. Banyak sekali metode sintesis untuk mendapatkan suatu zat yang berukuran nanometer. tetapi diantara banyaknya metode sintesis, metode yang lebih sederhana dalam mensintesis nanopartikel dapat digunakan metode kopresipitasi. Metode ini memiliki prinsip yaitu melepas ikatan kontinyu di dalam suatu senyawa logam dalam bentuk cairan tanpa mempertimbangkan mekanisme spesifiknya. Metode kopresipitasi dapat digunakan untuk memperoleh partikel padatan (*solid*) melalui mekanisme presipitasi larutan (*aqueous*) (Zhu, 2005). Metode ini sangat sesuai diterapkan pada proses pembentukan oksida-oksida logam. Seperti seng (Zn), titanium (Ti) dan besi (Fe) karena membutuhkan proses yang mudah dengan waktu yang relatif singkat.

Komponen utama untuk metode kopresipitasi agar menjadi Fe_2O_3 atau fasa hematite adalah serbuk Fe_3O_4 , dimana proses tersebut dilakukan dengan cara melarutkan dalam HCl 37% diaduk dengan menggunakan magnetik stirrer selama 60 menit pada suhu 70°C . Larutan tersebut disaring agar terpisah menjadi FeCl_2 , FeCl_3 dan H_2O . Serbuk prekursor Fe_2O_3 dikalsinasi pada temperatur 600°C dengan holding time 5 jam. Setelah dilakukan proses kalsinasi, maka dilakukan karakterisasi fasa sampel melalui uji XRD dengan sudut 20° -

70°. Hasil uji XRD kemudian akan diolah dengan *software Match2!* dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Data karakterisasi XRD Hematit

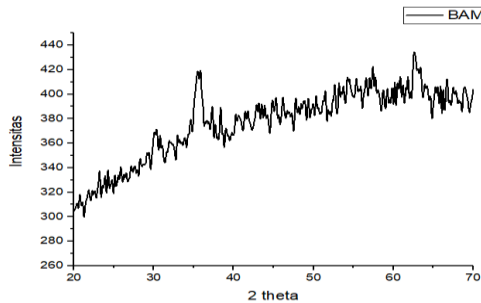
Dapat dilihat dari gambar 4.2, setelah melalui pengolahan data XRD dengan *software Match2!* dapat diketahui telah terbentuk fasa hematite atau Fe_2O_3 sebesar 100%. Dari hasil pengamatan XRD menunjukkan puncak-puncak utama yang terbentuk pada sudut-sudut 2theta berturut-turut yaitu 24.11, 33.13, 35.59, 40.93, 49.47, 54.05, 62.39, 63.97. Dimana hasil tersebut sesuai dengan spektrum krsitalografi (data [PDF 00-087-1184]). Sehingga dapat disimpulkan bahwa data XRD sudah membentuk fasa hematit.

4.3 Hasil Sintesis Material RAM

4.3.1 Proses Sintesis Barium M-Heksaferit

Prekursor Fe_2O_3 yang diperoleh melalui permurnian pasir besi digunakan sebagai sumber ion Fe^{3+} dalam pembuatan BaM. Sintesis BaM dilakukan melalui metode *solid state reaction*, proses tersebut merupakan reaksi media kering merupakan reaksi kimia yang tidak menggunakan pelarut. Reaktan direaksikan secara normal didalam pelarut sebelum reaksi berlangsung dan membentuk suatu zat baru. Setelah reaksi selesai maka produk akan dipisahkan dari pelarut. Pada reaksi *solid-state* tanpa menggunakan pelarut lebih ramah lingkungan karena tidak ada limbah pelarut dalam pembentukan produk. Metode ini dilakukan karena sintesis

yang mudah dan persiapan alat yang sederhana. Serta biasa dilakukan untuk mereaksikan padatan dengan padatan tertentu dengan temperature tinggi. Sehingga ukuran partikel yang dihasilkan dari metode ini lebih besar jika dibandingkan dengan metode kopresipitasi, tetapi dengan metode *solid state* diharapkan mampu membentuk partikel dengan tingkat homogenitas yang tinggi. Setelah melakukan proses tersebut pembentukan partikel BaM dianalisa dengan XRD dapat dilihat seperti gamabar berikut ini.



Gambar 4. 3 Grafik karakterisasi puncak BaM dengan doping Zn

Berdasarkan gambar 4.3 hasil karakterisasi Barium M-Heksaferrit dapat diketahui bahwa hasil sintesis BaM berhasil dilakukan. Untuk mengelolah datanya dapat dilakukan dengan menganalisa secara kuantitatif dan kualitatif. Pengolahan menggunakan software *Match2!* merupakan pengolahan data yang bersifat kualitatif, dimana terbentuk dua fasa yaitu fasa BaM dan fasa hematit. Pola difraksi menunjukkan memiliki fasa utama BaM (o) berdasarkan data [PDF 00-084-0757] dan fasa sekunder Fe₂O₃ (*) berdasarkan data [PDF 00-087-1166]. Pada analisa data yang bersifat kuantitatif digunakan software *Rietica* untuk mengetahui persentase dua fasa yang terbentuk tersebut. Komposisi fasa relatif dari bahan tersebut diperoleh BaM sebesar 67,33% dan fasa hematite sebesar 32.67%, dengan kecocokan data penelitian dengan model penelitian (Gof) sebesar 1.24. Hal ini dapat disimpulkan bahwa kecocokan data penelitian dengan model penelitian sangat bagus. BaM memiliki struktur Kristal yang berupa heksagonal dengan cirri-ciri

adanya dua parameter kisi yaitu dari bidang heksagonal kisi $a=b$ sebesar 5,88 Å dan tinggi dari Kristal kisi c sebesar 23,225 Å. Analisis dilakukan dengan menggunakan data CIF kode 1009038 untuk fasa BaM dan data CIF kode 4002383 untuk fasa Fe₂O₃. Hasil analisa dengan software Rietica ditunjukkan oleh Tabel 4.2.

Doping Zn^{2+} dilakukan untuk mereduksi sifat kemagnetan BaM agar dapat dirubah dari sifat *hardmagnetik* menjadi *softmagnetik*. Doping ion tersebut untuk mengurangi atau menurunkan sifat anisotropi pada BaM, sehingga diperlukan pendopingan dengan ion divalent. Penggunaan doping Zn^{2+} dikarenakan memiliki dimensi ion yang relatif sama dengan ion Fe^{3+} . Proses doping merupakan proses substitusi ion unsur lain kedalam struktur kristal tertentu. Proses doping ion Zn^{2+} akan menggantikan ion Fe^{3+} tetapi tidak merubah struktur kristal yang dimiliki material BaM. Ion Zn^{2+} digunakan untuk merubah orientasi dipol magnetic pada BaM agar memiliki disorientasi sehingga menyebabkan sifat kemagnetannya menurun. Berdasarkan analisa *software Match2!* hasil pendopingan Barium M-Heksaferrit dengan Zn^{2+} ditunjukkan pada tabel berikut ini.

Tabel 4.2 Data persentase komposisi fasa dan parameter kisi BaM

Variasi Doping Zn	Fasa BaM (%)	Fasa Fe ₂ O ₃ (%)	Kisi BaM		Volume Cell satuan
			Kisi a=b (Å)	Kisi c (Å)	
x = 0	43,45	56,55	5,880	23,123	692,4
x = 0,9	67,33	32,67	5,888	23,225	698,3

Berdasarkan penelitian Rosyidah (2013) seperti yang tertera pada Tabel 4.2 dapat diketahui bahwa pada BaM tanpa doping memiliki parameter kisi $a=b=5,880$ Å dan $c=23,123$ Å. Dan diketahui pula sintesis BaM dengan doping telah mengalami pergeseran parameter kisi dari kisi awal tanpa pemberian doping. Adanya pergeseran parameter kisi tersebut dapat menunjukkan bahwa proses doping yang dilakukan telah berhasil. Semakin besar konsentrasi ion Zn^{2+} yang diberikan maka parameter kisi BaM juga semakin besar. Perubahan nilai parameter kisi juga akan berpengaruh pada volume *cell* yang

ada. Pada BaM yang telah terdoping mengalami peningkatan volume *cell* dibandingkan BaM tanpa doping.

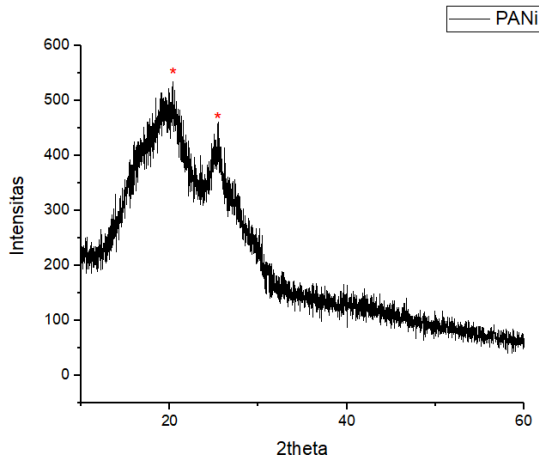
Proses kalsinasi yang dilakukan bertujuan untuk membentuk fasa stabil $\text{BaFe}_{12-x}\text{Zn}_x\text{O}_{19}$ sebagai fasa primer dan mengurangi impuritas pada material. Berdasarkan Tabel 4.2 dapat diketahui bahwa pada keseluruhan hasil sintesis terbentuk fasa utama $\text{BaFe}_{12-x}\text{Zn}_x\text{O}_{19}$ dan fasa sekunder Fe_2O_3 dimana fasa utama memiliki persentase lebih besar dari fasa sekunder. Proses kalsinasi maka prekursor BaM akan mendapatkan energi aktivasi yang lebih besar untuk bervibrasi dan menyusun struktur dalam keadaan yang lebih stabil. Sehingga diperoleh komposisi fasa $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ (tanpa doping) sebesar 43,45% dan fasa Fe_2O_3 sebesar 56,55% menggunakan metode kopresipitasi sesuai dengan penelitian Rosyidah (2013). Fasa Fe_2O_3 yang terbentuk terlihat lebih dominan jika dibandingkan dengan fasa $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$. Berdasarkan pengujian XRD yang sudah dilakukan, dapat diidentifikasi terbentuknya dua fase, dimana fase tersebut terdiri dari fase utama (BaM) dan fase sekunder (Hematit). Besarnya konsentrasi fase keduanya yaitu 67,33% sedangkan fase sekundernya menurun menjadi 32,67%.

4.3.2 Material Konduktif Polianilin (PANi)

Pada pembuatan material RAM dibutuhkan paduan antara material magnetik dan dielektrik. Material dielektrik yang digunakan adalah Polianilin. Polianilin secara singkat memiliki pengertian yaitu polimer yang berasal dari polimerisasi anilin oleh oksidator ammonium peroksidisulfat (APS). Polimerisasi merupakan reaksi pengubahan monomer menjadi polimer. PANi termasuk dalam *conductive polymer*, dan memiliki sifat yang mirip dengan beberapa logam. Umumnya polimer dikenal sebagai material non konduktif. Polimer konduktif adalah polimer yang dapat menghantarkan arus listrik. Polianilin merupakan salah satu bentuk garam emeraldin base (EB), oleh karena itu untuk merubah emeraldin base menjadi material konduktif dibutuhkan doping dengan menggunakan asam kuat (Nuraini dkk.,2014). DBSA (Dodecyl Benzene Sulphonic Acid) merupakan salah satu bentuk asam

kuat yang dapat digunakan sebagai doping dan surfaktan. Dengan adanya doping DBSA akan merubah emeraldin base menjadi emeraldin salt (ES) yang merupakan polianilin konduktif melalui reaksi protonasi. Material dielektrik yang terkena paparan suatu medan elektromagnetik, dimana medan elektromagnetik ini adalah perpaduan dari medan listrik dan medan magnet. Jika medan listriknya terkena bahan dielektrik akan menimbulkan muatan induksi. Hal tersebut akan merubah energi gelombang menjadi energi kinetik berubah menjadi energi termal. Polimer konduktif biasanya diperkaya dengan berbagai tipe ferit, karbon black, karbon nanofiber, serta kombinasinya. Polianilin menjadi salah satu yang banyak diteliti disamping polimer konduktif lain seperti polipirol, polietilen, polinilon, poliutirena, dan lain-lain, karena konduktivitasnya yang sangat tinggi setelah didoping terutama dengan HCl dan para Toluena Sulphonic Acid (PTSA). (Wang, dkk., 2008).

Polianilin (PANi) disintesis melalui metode polimerisasi. Dalam pembuatan serbuk PANi, polimerisasi aniline dengan doping DBSA ini dilakukan pada suhu rendah yaitu 0°C. Dilakukan pentitrasi larutan anilin dan DBSA dengan larutan APS. Larutan APS ditambahkan sedikit demi sedikit hingga larutan perlahan-lahan akan berubah warna menjadi hijau tua. Perubahan warna tersebut menunjukkan terjadinya proses inisiasi antara anilin dan larutan APS. Setelah itu terjadilah proses propagasi yang ditandai dengan perubahan warna kuning menjadi hijau muda. Proses propagasi sendiri yaitu dimana monomer-monomer anilin akan saling berikatan satu sama lain membentuk polianilin. Selanjutnya setelah terjadi proses propagasi, setelah proses tersebut dilanjutkan dengan proses terminasi. Warna larutan berubah menjadi hijau pekat kebiruan, yang menandakan polianilin telah terbentuk sempurna. (Sudati, 2013). Gambar spectrum XRD dari PANi dapat ditunjukkan sebagai berikut.



Gambar 4. 4 Grafik karakterisasi XRD Polianilin

Berdasarkan data XRD dapat dianalisa dengan software *Match2!* dimana hasilnya pelepasan 2 puncak utama yaitu pada 2θ 20,31° dan 25,45°. Kedua puncak tersebut mengkonfirmasi terbentuknya fasa semi kristalin dari polianilin. Fasa semi kristalin adalah fasa zat padat yang tersusun dari gabungan Kristalin dan Amorf.

4.4 Analisis FTIR Material PANi dan BaM

Dalam pengertiannya spektroskopi inframerah merupakan suatu metode yang mengamati interaksi molekul dengan radiasi elektromagnetik yang berada pada daerah panjang gelombang 0.75 - 1.000 μm atau pada bilangan gelombang 13.000 - 10 cm^{-1} . FTIR ini memiliki prinsip kerja yakni interaksi energi gelombang terhadap suatu materi. Spektroskopi inframerah berfokus pada radiasi elektromagnetik pada rentang frekuensi 400-4000 cm^{-1} , dimana cm^{-1} yang dikenal sebagai wavenumber (1/wavelength), yang merupakan ukuran unit untuk frekuensi. Oleh karena itu untuk mengetahui ikatan gugus fungsi yang terdapat dalam material RAM yaitu BaM dan PANi maka dilakukan uji FTIR dengan range panjang gelombang 400-4000 cm^{-1} . Pengujian ini

bertujuan untuk mengidentifikasi gugus2 molekul yang terdapat pada stuktur RAM.

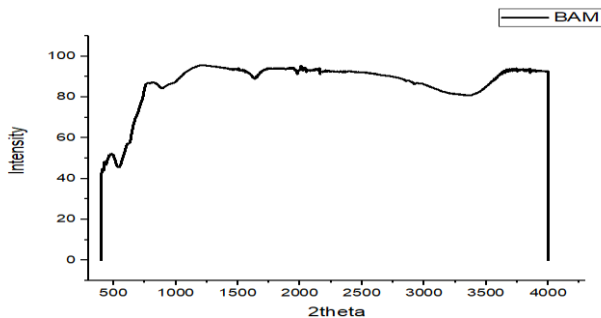
Grafik analisa FTIR memaparkan hubungan antara tranmitansi pada sumbu y dan bilangan gelombang pada sumbu x. Serapan yang terjadi pada bilangan gelombang tertentu ditunjukkan dengan munculnya lembah maupun puncak pada grafik hasil uji. Hal ini berarti bahwa energi yang terletak pada puncak atau lembah penyerapan sesuai dengan frekuensi getaran molekul material. Data hasil karakterisasi pada uji spektroskopi FTIR pada BaM dan PANi dapat ditentukan dengan melihat puncak spectra yang muncul pada bilangan gelombang tertentu. Bilangan gelombang tersebut dapat dilihat dari banya referensi. Berikut merupakan data spectra yang muncul pada material BaM dan PANi :

Tabel 4. 3 Analisa data fungsi BaM dan PANi

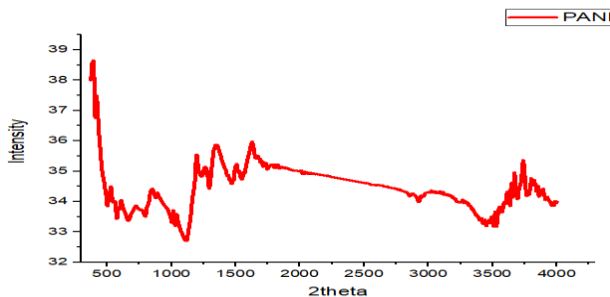
Jenis Ikatan Senyawa	Bilangan Gelombang referensi (cm ⁻¹)	Bilangan Gelombang RAM (cm ⁻¹)	
		PANi	BaM
Fe - O Stretching	437	-	-
Fe - O Stretching	575	-	542,01
C - S Stretching	602	576.74	-
C - H Vibration	665	663.53	-
C - H Bending	798	796.63	-
Ba - O Stretching	891	-	892,66
S = O Stretching	1010	1003.02	-
C - H Bending	1120	1116.82	-
C - N Stretching	1238	1232.55	-
C - N Stretching	1296	1294.28	-
C = C Benzoid	1465	1469.81	-
C = C Quinoid	1550	1548.89	-
C - H ₃ , -C - H ₂ , C - H	2852	1653.05 & 1747.57	-
C - H ₃ , -C - H ₂ , C - H	2924	2854.74 & 2922.25	-
N = H Stretching	3446	3252.09	-

Referensi : (Feng dkk., 2017),(Ristiani dan Zainuri, 2016), dan (Nuraini dkk., 2014)

Pada gambar 4.5 dapat dianalisa bahwa terdapat dua ikatan molekul utama pada material BaM yaitu ikatan Fe-O *stretching* dan Ba-O *stretching*. Bilangan gelombangnya tidak saling berhimpitan. Vibrasi dari Fe-O *stretching* atau biasa disebut dengan *metal oxide* umumnya muncul pada bilangan gelombang dibawah 1000 cm^{-1} . Pada hasil karakterisasi FTIR yang dilakukan diperoleh vibrasi Fe-O *stretching* pada bilangan gelombang $542,01\text{cm}^{-1}$. Ikatan ini menunjukkan adanya vibrasi antara ion Fe dengan atom oksigen. Selanjutnya terdapat ikatan Ba-O *stretching* pada bilangan gelombang $892,66\text{cm}^{-1}$. Ikatan ini menunjukkan adanya interaksi antara Ba dengan atom oksigen. Terbentuknya ikatan Fe-O *stretching* dan Ba-O *stretching* pada posisi bilangan gelombang tersebut mengkonfirmasi telah terbentuknya fasa BaM (Feng dkk., 2017).



Gambar 4. 5 Hasil uji spektroskopi FTIR BaM



Gambar 4.6 Hasil uji spektroskopi FTIR PANi

Pada tabel 4.4 dan gambar 4.6 Untuk mengkonfirmasi terbentuknya fasa konduktif *emeraldin salt* (ES) maka pada spektrum serapan PANi harus terbentuk gugus fungsi utama yaitu C-H, C=C, C-N, dan N=H. Gugus C-H *bending* telah terbentuk pada serapan panjang gelombang 796.63cm^{-1} dan 1116.82cm^{-1} . Kemudian pada bilangan gelombang 663.53cm^{-1} terbentuk gugus C-H *vibration*. Ikatan gugus fungsi selanjutnya pada bilangan gelombang 1469.81cm^{-1} menunjukkan adanya ikatan C=C benzoid yang merupakan karakteristik dari ikatan senyawa aromatik. Selain itu pada bilangan 1548.89cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi ulur C=C quinoid. Serapan pada bilangan gelombang lainnya yaitu pada bilangan gelombang 1232.55cm^{-1} dan 1294.28cm^{-1} yang menunjukkan adanya stretching (peregangan) C-N. Adanya serapan S=O *stretching* pada bilangan gelombang 1003.02cm^{-1} mengkonfirmasi bahwa proses doping dengan menggunakan dopan DBSA (*Dodecyl Benzene Sulfonic Acid*) telah berhasil dilakukan.

4.5 Analisis Sifat Konduktivitas Listrik RAM

Konduktivitas suatu bahan adalah kemampuan suatu bahan untuk menghantarkan arus listrik. Sedangkan Resistivitas adalah kebalikan dari konduktivitas, yakni kemampuan suatu bahan untuk menahan arus listrik. Untuk mengetahui nilai konduktifitas listrik suatu material dapat dilakukan dengan beberapa metode salah satunya dengan metode FPP (*Four Point Probe*). FPP adalah salah satu metode yang biasa digunakan untuk mengukur nilai Resistivitas dan Konduktivitas suatu lapisan bahan elektronika. Disebut probe empat titik, karena ada empat titik kontak yang disentuhkan pada permukaan sampel. Keempat titik kontak (probe) itu dibuat berderet dalam satu garis lurus dengan jarak antar probe diatur sedemikian rupa sehingga satu sama lain mempunyai jarak yang sama. Metode FPP menggunakan 4 probe utama, dimana 2 probe pada bagian tepi berfungsi sebagai penginjeksi arus dan 2 probe sebagai pengukur beda potensial yang timbul

berada di tengah sampel. Pada penelitian ini akan digunakan pengukuran menggunakan FPP dengan metode *thick sheet*. Pengukuran dilakukan dengan mendesain material uji berupa padatan dengan ketebalan dibawah tebal jarak antar probe. Material BaM dan PANI yang akan diuji konduktifitas dikompaksi terlebih dahulu dengan ketebalan rata-rata 2 mm sehingga berbentuk lapisa tipis. Dapat dilihat dari gambar di bawah ini.



Gambar 4.7 Alat kompaksi material BaM dan PANi

Pengujian ini dibagi menjadi 3 bagian yaitu konduktor, isolator, dan semikonduktor. Sampel tersebut diuji pada suhu ruang yang mana masing-masing material tersebut memiliki rentang nilai konduktifitas yang berbeda-beda. Material konduktor memiliki nilai konduktifitas pada rentang 10^6 - 10^3 S/m, sedangkan material semikonduktor berada pada rentang 10^3 - 10^{-8} S/m dan material isolator memiliki nilai konduktivitas antara 10^{-8} - 10^{-15} S/m (Irzaman dkk., 2012).

Tabel 4. 4 Data hasil uji konduktifitas listrik BaM dan PANi

Sampel	Konduktifitas (S/m)	Jenis Bahan
BaM	$2,09 \times 10^{-3}$	Semikonduktor
PANi	$4,4 \times 10^{-1}$	Semikonduktor

Berdasarkan data pada tabel 4.4 dapat dilihat bahwa hasil uji konduktifitas listrik BaM dan PANi diperoleh nilai

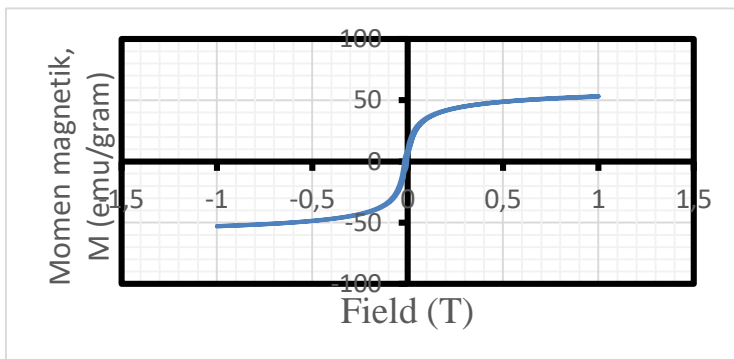
konduktifitas BaM sebesar $2,09 \times 10^{-3}$ S/m. Maka dapat disimpulkan bahwa material BaM termasuk dalam bahan semikonduktor dengan hantaran listrik yang kecil. Sedangkan pada material PANi diperoleh nilai konduktifitas sebesar $4,4 \times 10^{-1}$ S/m. Hal ini menjelaskan bahwa material PANi juga termasuk dalam bahan semikonduktor akan tetapi dengan nilai konduktifitas yang lebih besar dibandingkan material BaM. Pengaruh dopan DBSA diberikan guna meningkatkan sifat konduktif PANi. Akibat doping DBSA tersebut akan menghasilkan cacat rantai berupa pasangan dikation atau disebut bipolaron. Bipolaron ini berfungsi untuk pembawa muatan, sehingga PANi bersifat semakin konduktif (Ristiani dan Zainuri, 2016).

Material PANi ini dapat tergolong sebagai bahan semikonduktor dan bahan dielektrik karena memiliki susunan celah pita yang hampir sama yaitu sekitar 0,2 eV sampai 2,5 eV. Sehingga material PANi merupakan material polimer konduktif yang baik. Dimana jika material dielektrik atau semikonduktor ini terkena paparan suatu medan elektromagnetik, yang mana jika medan listriknya terkena bahan dielektrik akan menimbulkan muatan induksi. Muatan induksi tersebut dapat merubah energi gelombang menjadi energi kinetik. Energi kinetik tersebut selalu bergerak berubah sehingga menjadi energi panas. Maka dari itu gelombang radar dapat terserap karena perubahan energi gelombang menjadi energi panas. Dengan mengkombinasikan material BaM dan PANi sebagai bahan penyerap radar, maka dapat meningkatkan sifat konduktifitas material dalam menghantarkan arus listrik dan meningkatkan daya serapan material RAM terhadap gelombang radar.

4.6 Analisis Sifat Magnetik Barium M-Heksaferrit

Dalam pembuatan material RAM, Barium M-Heksaferrit sangat berperan sebagai material magnetik. Karena syarat suatu material yang dapat menyerap gelombang radar adalah adanya bahan dielektrik dan magnetik. Barium M-Heksaferrit sendiri memiliki sifat *hardmagnet* dan harus

direduksi menjadi *softmagnet* dengan cara diberi dopping. Setelah disintesis dan dianalisa menggunakan software *Rietica* dapat dikatakan berhasil. Karna syarat material untuk dapat menjadi material penyerap radar harus memiliki sifat *softmagnet*. Hal ini dikarenakan material *softmagnetik* memiliki nilai medan koersivitas yang kecil dan sifat anisotropik yang tidak teralu tinggi sehingga ketika material terdeteksi oleh gelombang radar maka material akan kembali ke keadaan semula. Sehingga perlu dilakukan pengujian sifat kemagnetan dengan karakterisasi *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM). Hasil dari pengujian VSM berupa kurva histeresis dari material BaM. Pada kurva histeresis, dapat diketahui besarnya magnetisasi saturasi (M_s), magnetisasi remanensi (M_r) dan medan koersivitas (H_c). Hasil pengujian VSM berupa kurva histeresis dari material BaM dapat dilihat pada gambar 4.8.



Gambar 4.8 Kurva Histeresis Barium M-Heksaferrit

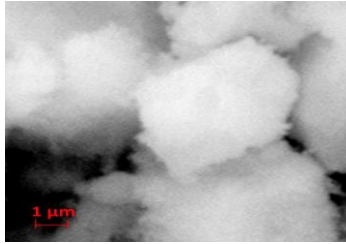
Berdasarkan gambar 4.8 maka dapat diketahui bahwa partikel BaM dengan doping 0,9 memiliki nilai magnetisasi remanensi (M_r) sebesar 15,86 emu/g dan magnetisasi saturasi (M_s) sebesar 52,9 emu/g. Saturasi merupakan suatu keadaan dimana semua domain akan menyearahkan diri dengan medan magnet eksternal sehingga penambahan medan magnet luar tidak memberi pengaruh apa-apa karena tidak ada lagi domain yang perlu disearahkan. nilai medan koersivitas (H_c) sebesar 0,0181 Tesla, yang mana termasuk bahan *softmagnetik* karena memiliki luasan kurva histeresis

yang sempit. Luasan kurva histerisis bisa disebut dengan koersivitas dimana koersivitas menunjukkan energi yang diperlukan untuk magnetisasi dan demagnetisasi. Dengan koersivitas yang kecil maka akan menyebabkan pasir besi laterit mudah untuk dimagnetisasi dan demagnetisasi. Hal ini merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan RAM yang memiliki penyerapan gelombang yang tinggi.

4.7 Analisis Struktur Morfologi RAM

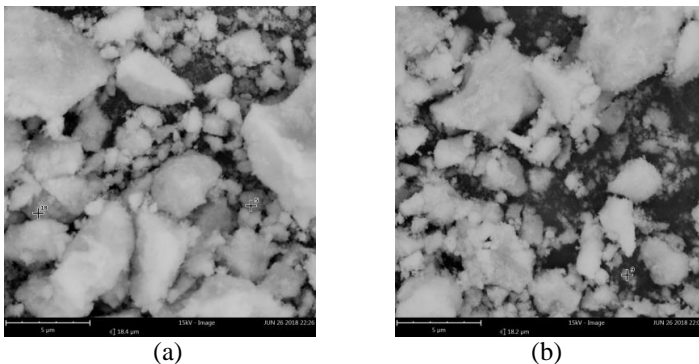
Untuk mengetahui dan mengamati morfologi material RAM dapat dilakukan dengan menggunakan pengujian SEM (*Scanning Electron Microscopy*). Pengamatan identifikasi morfologi sangat diperlukan untuk melihat kecenderungan partikel pasir dalam orde mikron. Barium M-Heksaferrit merupakan material uniaxial anisotropi yang memiliki struktur kristal heksagonal. Struktur heksagonal BaM yang teramati dari uji SEM berupa butiran dengan bentuk segienam. Hal ini sesuai dengan pengamatan XRD dari fase unit kristal BaM yang terbentuk dengan struktur yang diharapkan yaitu *hexagonal close packing*.

Analisa mikrofografi pada permukaan Barium M-Heksaferrit ini diambil dalam bentuk citra SEM berupa morfologi dan ukuran butir. Serbuk Fe_2O_3 , BaCO_3 dan serbuk Zn dilakukan proses milling dengan media alkohol 96%. Proses milling dilakukan dengan menggunakan perbandingan antara sampel : alkohol : bola milling yaitu 1 : 5/3 : 5 pada kecepatan 150 rpm selama 4 jam dengan waktu henti 30 menit tiap 1 jam. Bola milling yang digunakan berbentuk kubus. Kemudian precursor BaM dikalsinasi pada suhu 1100°C , waktu penahanan yang digunakan selama 8 jam. Maka di dapatkan serbuk kristalin BaM dan diperoleh Hasil pengamatan SEM ditunjukkan pada gambar 4.9.



Gambar 4. 9 Hasil Karakterisasi SEM

Berdasarkan data hasil pengamatan pada gambar 4.9 dapat diketahui bahwa struktur morfologi pada BaM doping Zn berupa bentuk heksogonal. Persebaran struktur pada material BaM terlihat lebih merata pada spot 5 dan 18 jika dibandingkan dengan struktur BaM pada spot 9 and 19. Pada persebaran struktur BaM spot 9 dan 19 tidak merata dan saling menggumpal. Ukuran butir yang terbentuk tidak homogen hamper disetiap tempat. Berdasarkan pengamatan pengujian SEM dapat diketahui struktur morfologi masing-masing BaM cenderung semakin membesar ukurannya dan mengalami aglomerasi. Aglomerasi dapat diartikan sebagai pengumpulan dan atau penumpukan partikel atau zat menjadi satu. Interaksi momen dipol magnetik satu sama lain pada BaM merupakan salah satu sebab yang mengakibatkan kecenderungan terjadinya polaritas sehingga momen dipol saling tarik menarik. Dapat dilihat pada gambar 4.10.



Gambar 4. 10 Persebaran Struktur karakterisasi SEM pada : (a) spot 5 dan 18 ; (b) spot 9 dan 19

Dari hasil karakterisasi dengan menggunakan SEM, rata-rata ukuran partikel berorde mikro. Pengukuran dilakukan pada satu titik perbesaran 15.000 kali dengan skala 5 μm . Diperoleh hasil yaitu ukuran diagonal BaM sebesar $\pm 2 \mu\text{m}$. Ukuran butir yang didapat tergolong besar, dikarenakan perlakuan suhu kalsinasi yang diberikan juga tinggi. Besarnya ukuran partikel akan mempengaruhi terhadap surface area dan sifat mekanik dari material tersebut. Diketahui bahwa BaM memiliki temperatur leleh yang sangat tinggi yaitu 1390°C. Selain itu metode sintesis material menggunakan *solid state reaction* akan mendapatkan hasil yang ukuran partikelnya cenderung lebih besar jika dibandingkan dengan metode kopresipitasi dan *sol gel*. Hasil pengukuran kristal heksagonal BaM dengan doping Zn ditunjukkan pada gambar 4.9.

Pengujian SEM EDX dapat digunakan untuk memperlihatkan persentase unsur penyusun dari komposit RAM. Persebaran dari elemen-elemen yang terkandung dari material dapat dibuat secara spotting dengan penentuan spot yang paling efektif dan berbeda dari masing-masing di permukaan bahan. Selain itu EDX juga bisa digunakan untuk menganalisis secara kuantitatif persentase elemen pada bahan. Nilai persentase hasil pengukuran dengan SEM-EDX dapat dibandingkan dengan nilai persentase hasil perhitungan untuk mengetahui keakuratan data hasil uji. Nilai error dapat dicari dengan perhitungan analitik sebagai berikut.

$$\text{Error (\%)} = \frac{\text{unsur hasil uji} - \text{unsur perhitungan analitik}}{\text{unsur perhitungan analitik}}$$

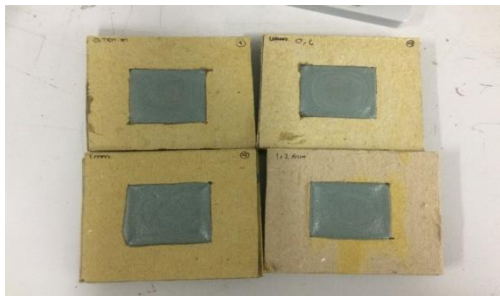
Tabel 4. 6 Persentase persebaran elemen penyusun BaM

Spot	Atom	% atom norm	% Error
19	Fe	75,2	0,26
	O	21,0	0,38
	Ba	1,3	7,22
	Zn	2,5	1,06

Berdasarkan tabel 4.6 dapat diketahui bahwa persentase masing-masing elemen dalam satu unit *cell* BaM. Diketahui pula elemen penyusun BaM terdiri dari unsur Fe, Ba, Zn, dan O. Pada penulisan laporan ini dipilih spot yang paling efektif dan memiliki persentase elemen yang lebih merata yaitu pada spo 19. Setiap satu unit *cell* dalam BaM doping $x=0,9$ terisi oleh 75,2% elemen Fe yang paling dominan, kemudian elemen O sebesar 21,0%. Selanjutnya unsur Ba dan Zn memiliki persentase yang tidak jauh berbeda yaitu 1,3% dan 2,5%. Untuk membandingkannya dapat dilakukan perhitungan analitik yang mengacu pada jumlah atom pada satu unit *cell* satu unit BaM $x=0,9$ ($\text{BaFe}_{11,1}\text{Zn}_{0,9}\text{O}_{19}$). Sehingga diperoleh persentase atom Fe sebenarnya sebesar 55,12%, atom O 29,03%, atom Ba 10,69% dan atom Zn 5,15%. Hasil pengukuran dengan SEM-EDX dan secara perhitungan tersebut menunjukkan persentase yang hampir sama antara atom Fe, O, Ba dan Zn. Terdapat perbedaan persentase antara data dan perhitungan analitik karena adanya dua fase yang terbentuk yaitu fase hematite (Fe_2O_3). Dapat dilihat berdasarkan data yang didapat diketahui komposisi Fe pada $\text{BaFe}_{11,1}\text{Zn}_{0,9}\text{O}_{19}$ dan perhitungan analitik memiliki selisih sebesar 20,08%.

4.8 Analisis Sifat Penyerapan RAM

Pada penelitian ini Material RAM merupakan campuran dari Barium M-Heksaferrit, Polianilin dan cat sebagai bahan perekatnya. Campuran antara material RAM dan cat termasuk dalam komposit dimana material RAM sebagai filler dan cat sebagai binder. Komposit pada pelapisan ini termasuk komposit isotropik karena penguatannya ke segala arah dan terdispersi seragam atau distribusinya merata. Komposit RAM/cat dilapiskan pada plat baja grade A tipe AH36. Metode pelapisan yang digunakan adalah multilayer dengan variasi ketebalan yaitu 2.4 mm, 3.6 mm, 4.8 mm dan 6 mm. Hasil pelapisan material dapat diperlihatkan pada gambar 4.9.

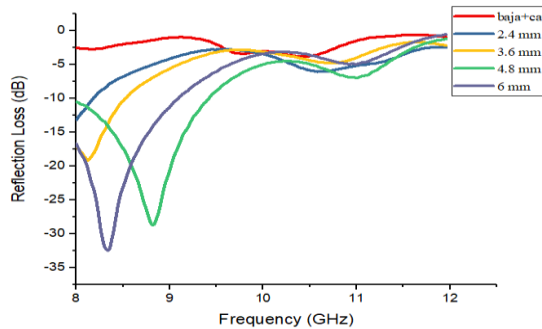


Gambar 4.11 Pelapisan Plat Baja

Material RAM (BaM dan PANi) yang disintesis pada penelitian ini akan digunakan sebagai *filler* pada material matrik cat kapal aghata premier. Cat kapal digunakan sebagai pengikat *filler* pada material komposit yang dibuat. Material komposit yang digunakan dalam pelapisan ini termasuk dalam material komposit isotropik. Komposit isotropik merupakan material yang penguatannya ke segala arah dan terdispersi seragam atau merata. Terdapat 3 macam pelapisan material komposit yaitu *single layer*, *double layer* dan *multilayer*. Pada pelapisan ini akan digunakan pelapisan *multilayer*. Ketebalan 2.4 mm, 3.6 mm, 4.8 mm dan 6 mm dipilih dalam pelapisan ini untuk memenuhi seperempat ($1/4$) panjang gelombang sebagai syarat penyerapan yang optimal pada metode *Dallenbach multilayer* (Yuzcelik, 2003).

Komposisi pelapisan *multilayer* yang digunakan dibagi menjadi 4 *layer* dimulai dari lapisan paling bawah yaitu pada *layer* 1 terdiri dari komposit PANi dan cat dengan perbandingan 1:10, *layer* 2 terdiri dari komposit BaM/PANi/cat dengan perbandingan 0,5:0,5:10 dan *layer* 3 terdiri dari komposit BaM/cat dengan komposisi perbandingan 1:10. Dan yang terakhir *layer* 4 yaitu komposit BaM/PANi/cat dengan perbandingan 0,5:0,5:10. Pada pelapisan *multilayer* memiliki serapan yang lebih baik jika dibandingkan dengan serapan oleh pelapisan *single layer* dan *double layer*. Hal ini dikarenakan jika gelombang elektromagnetik yang mengenai *layer* 4 tidak diserap sempurna maka gelombang EM yang menembus lapisan komposit RAM masih dapat diserap oleh

layer 3, layer 2 dan layer 1. Karakterisasi penyerapan gelombang elektromagnetik pada penelitian dilakukan dengan menggunakan *Vector Network Analyzer (VNA)* pada rentang *X-Band* yaitu 8,2-12,4 GHz. Rentang *X-Band* merupakan daerah yang biasa digunakan untuk operasi gelombang mikro pada pesawat ataupun kapal selam di bidang militer. Dilakukan pengujian VNA guna mengetahui nilai *reflection loss*.



Gambar 4.12 Grafik rugi refleksi pada frekuensi *X-Band*

Berdasarkan gambar 4.10 diatas dapat menunjukkan grafik rugi refleksi pelapisan *multilayer* terhadap frekuensi rentang *X-Band*. Grafik berwarna merah merupakan hasil penyerapan plat baja AH36 dan dilapisi cat saja dengan ketebalan 4 mm. Grafik dengan warna hitam merupakan hasil penyerapan dari baja *grade* tipe AH-36 tanpa dilapisi komposit RAM. Sedangkan grafik dengan warna biru, kuning, ungu dan hijau dan berturut-turut merupakan grafik penyerapan dari RAM dengan variasi ketebalan 2.4 mm, 3.6 mm, 4.8 mm dan 6 mm. Grafik yang terbaca merupakan perbandingan antara nilai frekuensi ukur pada sumbu x dan besar nilai rugi refleksi pada sumbu y. Serapan yang terjadi ditunjukkan dengan munculnya lembah-lembah penyerapan. Semakin dalam dan lebar lembah serapan yang terbentuk, maka semakin baik pula kemampuan penyerapan material RAM yang digunakan.

Tabel 4. 6 Nilai rugi refleksi komposit RAM

Sampel	Rugi Refleksi (dB)	Frekuensi (GHz)	Koefisien Refleksi (Γ)	Energi Serap (%)
Baja+cat	-3,7	10,3	0,6531	34,68
Ram+cat	-8,02	8,3	0,3971	60,28
2.4 mm				
Ram+cat	-19,13	8,4	0,1105	88,94
3.6mm				
Ram+cat	-28,9	10,99	0,0358	96,41
4.8mm				
Ram+cat	-32,6	8,89	0,0234	97,65
6mm				

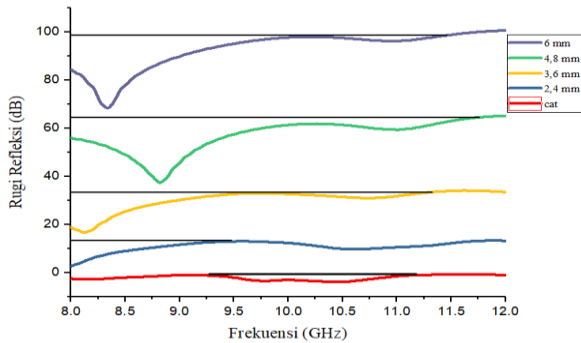
Berdasarkan tabel 4.6 tersebut dapat diketahui bahwa nilai *refelction loss* dari masing-masing material. Pada material baja *grade* tipe AH-36 dilapisi dengan cat saja material RAM diperoleh nilai rugi refleksi sebesar -3,7 dB. Dengan nilai tersebut dapat diketahui daya serapan yang kecil yaitu 34,68%. Sehingga hampir 60% gelombang mikro yang diberikan pada baja tersebut dipantulkan kembali ke *reciever*. Setelah baja dilapisi material RAM dengan pelapisan *multilayer* terjadi peningkatan nilai rugi refleksi yang cukup signifikan. Dimana didapatkan nilai rugi refleksi terbesar diperoleh pada baja yang dilapisi dengan ketebalan komposit 6 mm yaitu sebesar -32,6 dB. Dengan nilai rugi refleksi tersebut hampir 97,65% gelombang mikro yang dipancarkan diserap oleh material RAM. Nilai rugi refleksi baja yang dilapisi dengan ketebalan 3,6 mm dan 4,8 mm memiliki nilai rugi fleksi yang hampir sama yaitu sebesar -19,13 dB dan -28,9 dB. Kemudian nilai rugi refleksi terendah yaitu -8,02 dB dapat diamati pada hasil uji baja yang pelapisannya paling tipis yaitu 2,4mm. Secara keseluruhan penambahan doping ion Zn^{2+} pada BaM dapat meningkatkan daya serapan material RAM. Hal ini ditunjukkan pada tabel 4.7 yang mana rugi refleksi dari pelapisan *multilayer* dengan material RAM mengalami peningkatan nilai rugi refleksi.

Pada penelitian ini dilakukan variasi ketebalan yaitu sebesar 2,4 mm, 3,6 mm, 4,8 mm dan 6 mm dengan masing-masing selisih ketebalan sampel sebesar 1,2 mm. Dimana dapat diketahui bahwa setiap sampel memiliki kenaikan ketebalan 50%. Pada sampel 2,4 mm ke 3,6 mm mengalami kenaikan nilai rugi refleksi 138,52%. Pada sampel 3,6 mm ke sampel 4,8 mm mengalami kenaikan nilai rugi refleksi sebesar 51,07 %. Dan pada sampel 4,8 mm ke 6 mm mengalami kenaikan sebesar 12,8 %. Sesuai teori dari penelitian sebelumnya bahwa semakin tebal lapisan makan semakin besar nilai rugi refleksinya.

Desain *multilayer* dengan empat lapisan yang digunakan pada baja *grade* tipe AH-36 selain dapat digunakan untuk meningkatkan nilai rugi refleksi juga dapat digunakan untuk memperlebar pita penyerapan yang terjadi pada rentang *X-Band*. Material yang tidak hanya memiliki nilai rugi refleksi besar, akan tetapi juga memiliki pita penyerapan yang lebar adalah material penyerap radar yang baik. Semakin besar nilai negatif dari rugi refleksi maka daya serap material terhadap gelombang mikro juga semakin besar. Semakin banyak lembah penyerapan yang terbentuk berarti serapan material RAM semakin bagus.

Seperti yang sudah dijelaskan di subbab sebelumnya bahwa mekanisme penyerapan dapat dijelaskan berdasarkan sifat-sifat dari RAM (dielektrik dan magnetik) dan dari pergerakan muatan. Jika gelombang elektromagnet mengenai PANi yang bersifat dielektrik maka muatan dalam polianilin tersebut akan mengalami induksi yang disebut muatan induksi. Dalam proses induksi terjadi pergerakan muatan dimana menyebabkan terjadinya arus listrik. Terjadinya pergerakan muatan juga membutuhkan energi sehingga terjadi konversi dari energi gelombang elektromagnet menjadi energi termal pada arus listrik. Pada proses tersebut juga terbentuk suatu medan magnet. Adanya medan magnet dari material dielektrik ini akan diperkuat oleh medan magnet dari material magnetik. Superposisi destruktif adalah peristiwa penumpukan dua fasa keadaan yang saling melemahkan, proses ini terjadi pada medan magnet dari gelombang elektromagnet dengan medan

magnet material RAM yang mempunyai arah yang berbeda sehingga gelombang elektromagnet akan terserap dan tereduksi. Hal ini juga berakibat gelombang elektromagnet yang melewati material RAM tidak dapat memantul kembali ke penerima radar.



Gambar 4.12 Grafik pelebaran pita penyerapan RAM

Hasil karakterisasi dari pelebaran pita penyerapan material RAM dapat diamati pada gambar 4.10. Dari gambar tersebut dapat diamati secara langsung perbedaan pita penyerapan pada material RAM dengan variasi ketebalan 2.4 mm, 3.6 mm, 4.8 mm dan 6 mm.. Hasil analisa data pelebaran pita penyerapan komposit RAM ditunjukkan pada Tabel berikut.

Tabel 4. 7 Data analisa pelebaran pita penyerapan komposit RAM

Material	Rugi Refleksi (dB)	Pita Penyerapan (GHz)	Lebar pita penyerapan (GHz)
Besi+Cat	-3,7	11,18-9,28	1,9
Ram+cat	-8,02	9,46-8	1,46
2.4 mm			
Ram+cat	-19,13	11,32-8	3,32
3.6mm			
Ram+cat	-28,9	11,76-8	3,76
4.8mm			
Ram+cat	-32,6	11,44-8	3,44
6mm			

Pada tabel 4.7 dapat dilihat bahwa material komposit dengan pita penyerapan paling lebar dan paling efektif terdapat

pada komposit dengan ketebalan 4,8 mm yaitu dengan pelebaran pita 3,76 GHz dan memiliki frekuensi serapan maksimal pada frekuensi 11,76 GHz. Selanjutnya komposit dengan pita penyerapan terbesar kedua yaitu komposit 6 mm dengan pelebaran pita 3,44 GHz pada frekuensi serap maksimal pada 11,44 GHz. Komposit RAM pada ketebalan 3,6 mm, 2,4 mm dan pelapisan cat saja berturut-turut yaitu 3,32 , 1,46 , 1,9 GHz.

Semakin tebal lapisan pada plat baja maka akan semakin besar nilai *reflection lossnya*. Hal tersebut dikarenakan pada saat gelombang datang dikenakan pada plat baja yang dilapisi material RAM maka gelombang tersebut akan masuk ke dalam material RAM dan akan bertumbukan dengan partikel-partikel dalam material yang lain.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dengan judul “Karakterisasi Perilaku Radar Absorbansi Material (RAM) Gelombang Elektromagnetik Rentang X-Band dengan Struktur Multilayer” dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Material Barium M-Heksaferrit dengan doping Zn^{2+} telah berhasil disintesis menggunakan metode *solid state reaction*, dengan tereduksinya menjadi softmagnet dengan nilai koersivitas yang rendah.
2. Semakin tebal lapisan multilayer maka semakin tinggi rugi refleksi yang di dapat dan semakin besar nilai penyerapannya.
3. Tingkat ketebalan suatu pelapisan tidak selalu berbanding lurus dengan lebar pita penyerapan. Nilai paling maksimum terdapat pada ketebalan 4,8 mm yang memiliki panjang pita penyerapan sebesar 3,76 GHz.

5.2 Saran

Setelah dilakukannya penelitian ini maka diperoleh beberapa hal yang dapat disarankan untuk menjadi bahan perbandingan dalam penelitian yang akan lebih lanjut, di antara lain sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk panjang gelombang dengan rentang yang berbeda yaitu pada panjang gelombang C-Band, karena material yang digunakan juga dapat terdeteksi sangat bagus pada rentang panjang gelombang tersebut.
2. Saat pelapisan perlu lebih diratakan lagi permukaannya, karena pada penelitian sebelum-sebelumnya pun kurang rata dan sangat berpengaruh pada pengujian VNA. Dimana saat sampel tidak rata,

reflection loss udara juga terukur sehingga data kurang akurat.

3. Perlu dilakukan variasi doping dengan jenis senyawa yang berbeda tetapi tetap dengan jari-jari sama dengan Fe. Dilakukan pula dengan variasi komposisi yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Bayrakdar, S. Esir, A. Demir, S. Güner, Magnetic and optical properties of $\text{Cu}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ nanoparticles dispersed in a silica matrix by a sol-gel auto-combustion method, *Ceram. Int.* 41 (2012) 231–239.
- Chavan, S.E. Shirsath, M.L. Mane, R.H. Kadam, S.S. More, Transformation of hexagonal to mixed spinel crystal structure and magnetic properties of Co^{2+} substituted $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$, *J. Magn. Magn. Mater.* 398 (2016) 32–37.
- Das, S., Nayak, G.C., Sahu, S.K., Routray, P.C., Roy, A.K., Baskey, H., 2014. Microwave Absorption Properties of Double-Layer RADAR Absorbing Materials Based on Doped Barium Hexaferrite/ TiO_2 /Conducting Carbon Black. *J. Eng.* 2014, 1–5. doi:10.1155/2014/468313
- Efhana, D.P., Arifin, D.E.S., Viantyas, D., Fitriana, F., Abdillah, S., Zainuri, M., 2013. PEMBUATAN PELAPIS PENYERAP GELOMBANG MIKRO BERBASIS M-HEXAFERRITE $\text{BaFe}_{12-2x}\text{Zn}_x\text{O}_{19}$ DARI PASIR ALAM PADA KABIN PESAWAT. Program Kreat. Mhs.-Penelit.
- Feng, H., Bai, D., Tan, L., Chen, N., Wang, Y., 2017. Preparation and microwave-absorbing property of EP/ $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ /PANI composites. *J. Magn. Magn. Mater.* 433, 1–7. doi:10.1016/j.jmmm.2016.12.118
- Irzaman, I., Erviansyah, R., Syafutra, H., Maddu, A., Siswadi, S., 2012. Studi Konduktivitas Listrik Film Tipis $\text{Ba}_{0.25}\text{Sr}_{0.75}\text{TiO}_3$ Yang Didadah Ferium Oksida (BFST)
- Muh. Pauzan dan Hudiera I.S., (2013), “Microwave Dielectric Properties of M-Type Barium, Calcium and Strontium Hexaferrite Substituted with Co and Ti”, *Journal of Ceramic Processing Research.*, Vol. 7, No. 2, hal. 113-116.

- Nuraini, F., Suwadi, S., 2014. Analisa Penggunaan Sinyal Radar Bentuk Pulsa dan Gelombang Kontinyu untuk Target Bergerak dengan Model Clutter Terdistribusi Rayleigh. J. Tek. ITS 2, A235–A240.
- Pangga, D., 2011. Sintesis dan Karakterisasi Struktur Barium M-Heksaferrit ($0 < x < 1$). Institut teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Priyono, Karakterisasi Magnetik dan Absorpsi Gelombang Mikro Material Magnet Berbahan Dasar Barium Hexaferite, Disertasi, FMIPA, Universitas Indonesia, 2013.
- Pullar, R.C., 2012. Hexagonal ferrites: A review of the synthesis, properties and applications of hexaferite ceramics. Prog. Mater. Sci. 57, 1191–1334.
- Ristiani, D., Zainuri, M., 2016a. Desain Double Layer Radar Absorbing Materials dengan Metode Dallenbach Layer Berbasis Bahan Magnetik Alam Tanah Laut dan Polianilin. J. Sains Dan Seni ITS 5.
- Ristiani, D., Zainuri, M., 2016b. Desain Double Layer Radar Absorbing Materials dengan Metode Dallenbach Layer Berbasis Bahan Magnetik Alam Tanah Laut dan Polianilin. J. Sains Dan Seni ITS 5.
- Ristiani, D., Zainuri, M., 2016c. Desain Double Layer Radar Absorbing Materials dengan Metode Dallenbach Layer Berbasis Bahan Magnetik Alam Tanah Laut dan Polianilin. J. Sains Dan Seni ITS 5.
- Ristiani, D., Zainuri, M., 2016d. Desain Double Layer Radar Absorbing Materials dengan Metode Dallenbach Layer Berbasis Bahan Magnetik Alam Tanah Laut dan Polianilin. J. Sains Dan Seni ITS 5.
- Saville, P., 2005. Review of radar absorbing materials. DTIC Document.
- Setianingsih, E., others, 2014. KARAKTERISTIK STRUKTUR, SIFAT OPTIK DAN SIFAT LISTRIK

FILM TIPIS POLIANILIN DOPING H_2SO_4
YANG DITUMBUHKAN DENGAN METODE
SPIN COATING. Universitas Negeri Semarang.

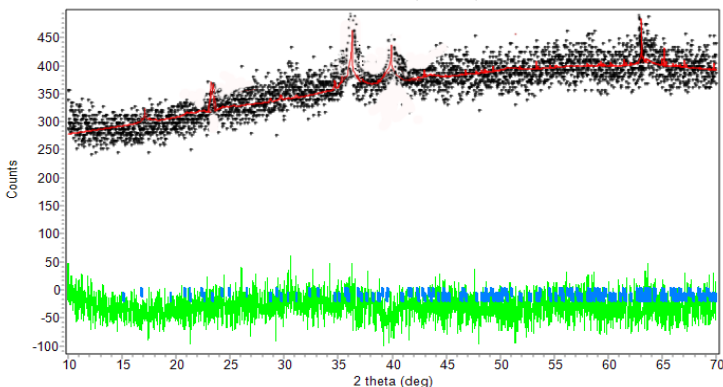
- Sholihah, F.R., Zainuri, M., 2012. Pengaruh Holding Time Kalsinasi Terhadap Sifat Kemagnetan Barium M-Hexaferite ($BaFe_{12-x}Zn_xO_{19}$) dengan Ion Doping Zn. *J. Sains Dan Seni ITS* 1, B25–B29
- Sudati, A. wira, 2013. Pelapisan Material Komposit PANi/BaM berstruktur core shell sebagai Radar Absorbing material (RAM) pada Baja Grade A tipe AH-36. Institut teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Wang Zhongzhu. Bi Hong. Liu J. Sun Tao. Dan Wu x., 2008. Magnetic and microwave absorbing properties of polyaniline/g- Fe_2O_3 nanocomposite. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* 320 (2132–2139). Department of Chemistry and Department of Electronic Engineering , Anhui University, Hefei 230039, China.
- Yuliana, Zainuri, 2011. Sintesis dan Karakterisasi Struktur Barium M-Heksaferit yang di Doping Zn dengan Variasi Temperatur Pemanasan dan Konsentrasi Ion Dopan. *Inst. Teknol. Sepuluh Nop. Surabaya* 5–49.
- Yuzcelik, C.K., 2003. Radar absorbing material design. DTIC Document.
- Zhu Dong W., Han Young Ho, (2005), “C02Z Type Hexagonal Ferrites Prepared by Sol–gel Method”, *Materials Chemistry and Physics*, Vol.95, hal. 248–251.

“ halaman ini sengaja dikosongkan ”

LAMPIRAN A

Penghalusan *Rietveld* dengan *software Rietica*

Barium M-Heksaferrit ($\text{BaFe}_{11,1}\text{Zn}_{0,9}\text{O}_{19}$)



MOLAR PERCENTAGE OF PHASES:				WEIGHT PERCENTAGE OF PHASES:			
PHASE 1:	12.59	7.58	67.33	17.07			
PHASE 2:	87.41	78.81	32.67	23.44			

Hist	Rp	Rwp	Rp(-b)	Rwp(-b)	Rexp	Durbin Unwght	Durbin Wght	N-P
1	4.66	5.85	10.36	10.00	5.24	*****	1.795	3512

SUMYDIF	SUMYOBS	SUMYCALC	SUMWYOBSQ	GOF	CONDITION
0.5955E+05	0.1278E+07	0.1273E+07	0.1278E+07	0.1243E+01	0.2130E+17

DERIVED BRAGG R-FACTOR= 2.77

Phase: 1			
PHASE SCALE FACTOR	= 0.591525E-06	-0.138622E-07	0.602249E-07
OVERALL TEMP. FACTOR	= 0.000000		0.000000 0.000000
CELL PARAMETERS	= 5.888776	-0.000065	0.012566
	5.888776	-0.000065	0.012566
	23.225506	-0.000075	0.079244
	90.000008	0.000000	0.000000
	90.000008	0.000000	0.000000
	120.000008	0.000000	0.000045
RECIPROCAL CELL	= 0.226	0.226	0.045 90.000 90.000 60.000
CELL VOLUME	= 698.370331	0.249818	
SCALE * VOLUME	= 0.002961	0.000030	
MOLECULAR WEIGHT	= 3201.739		
DENSITY	= 8.621		
ABSOLUTE PHASE VALUES:			
INC	= NEUTRONS ON SAMPLE/CM^2 (in cm^-2)		

MASS = MASS OF PHASE IN BEAM (in g)

ls/R = RATIO OF DETECTOR HEIGHT TO SAMPLE-DETECTOR

Then:

$$\text{INC} * \text{MASS} * \text{ls} / \text{R} = 3635.958$$

+-----+

| Phase: 2 |

+-----+

PHASE SCALE FACTOR = 0.130752E-05 -0.313600E-06 0.887450E-06

OVERALL TEMP. FACTOR = 0.000000 0.000000 0.000000

CELL PARAMETERS = 5.046422 -0.000036 0.000763

5.046422 -0.000036 0.000763

13.892828 -0.000028 0.003808

90.000008 0.000000 0.000000

90.000008 0.000000 0.000000

120.000008 0.000000 0.000000

RECIPROCAL CELL = 0.243 0.243 0.085 90.000 90.000 60.000

CELL VOLUME = 343.032654 0.202388

SCALE * VOLUME = 0.004514 0.000179

MOLECULAR WEIGHT= 994.800

DENSITY = 5.779

ABSOLUTE PHASE VALUES:

INC = NEUTRONS ON SAMPLE/CM² (in cm⁻²)

MASS = MASS OF PHASE IN BEAM (in g)

ls/R = RATIO OF DETECTOR HEIGHT TO SAMPLE-DETECTOR

Then:

$$\text{INC} * \text{MASS} * \text{ls} / \text{R} = 2808.590$$

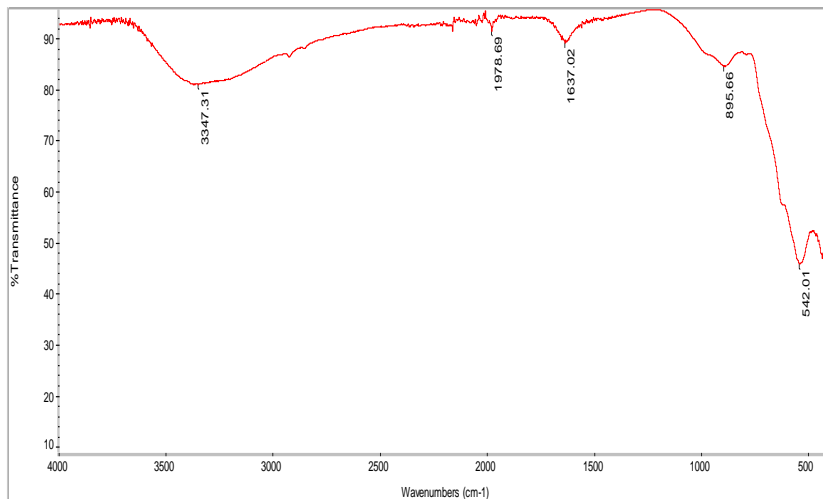
LAMPIRAN B

Hasil Karakterisasi *Fourier Transform Infra Red* (FTIR)

a. Karakterisasi FTIR Barium M-Heksaferrit

Title: FTIR

Mon May 07 08:32:50 2018 (GMT+07:00)



Collection time: Mon May 07 08:26:58 2018 (GMT+07:00)

Mon May 07 08:32:39 2018 (GMT+07:00)

FIND PEAKS:

Spectrum: FTIR

Region: 4000.00 400.00

Absolute threshold: 91.572

Sensitivity: 50

Peak list:

Position: 542.01 Intensity: 45.536

Position: 895.66 Intensity: 84.365

Position: 1637.02 Intensity: 88.999

Position: 1978.69 Intensity: 91.210

Position: 3347.31 Intensity: 80.829

Spectrum: FTIR

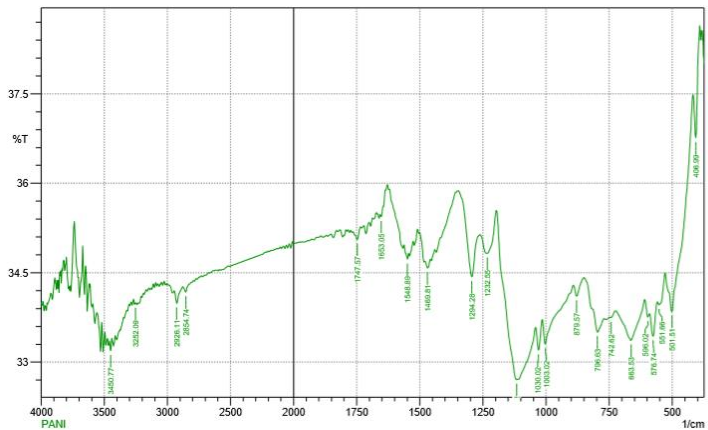
Region: 3495.26-455.13

Search type: Correlation

Hit List:

Index	Match	Compound name	Library
18372	26.78	Ammonium heptafluorotantalate(V), 99.99%	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
18371	25.33	Potassium heptafluorotantalate(V), 99%	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
18390	21.11	Potassium heptafluoroniobate(V), 98%	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
1139	20.49	Titanium dioxide, rutile	HR Hummel Polymer and Additives
72	19.74	PYRIDAZINE, 97%	Aldrich Vapor Phase Sample Library
174	19.14	CHLOROQUINE PO4 IN KBR	Georgia State Crime Lab Sample Library
18190	19.04	Diphosphoryl chloride, 97%	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
6035	18.84	(+/-)-trans, 1,2-Bis(dichlorophosphino)-cyclopentane, tech., 90%	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
109	18.34	DICHLOROMETHANE, 99+%, SPECTROPHOTOMETRIC GRADE	Aldrich Vapor Phase Sample Library
42	17.34	THIAZOLIDINE, 97%	Aldrich Vapor Phase Sample Library

b. Karakterisasi FTIR Polianilin

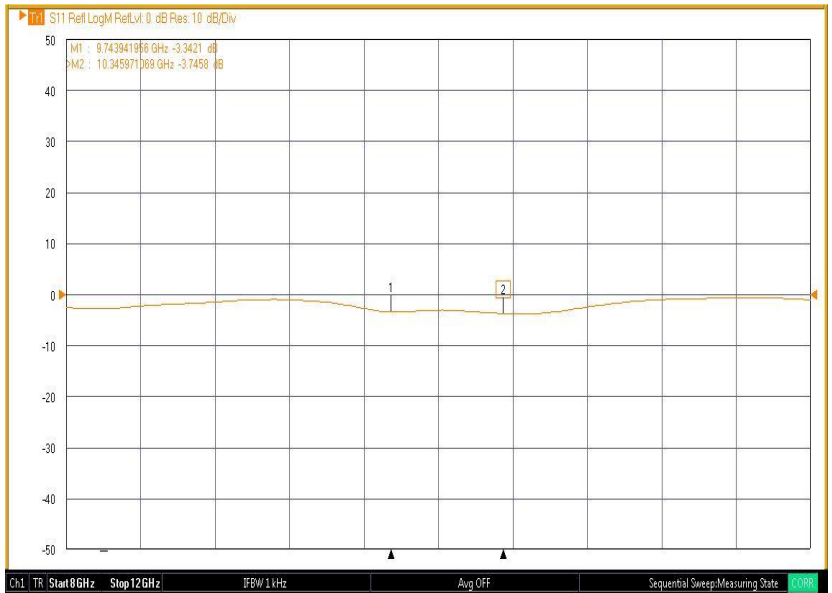


	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	406.99	36.7558	1.2295	418.57	391.56	11.4947	0.1666
2	501.51	33.8502	1.3827	528.51	418.57	50.1014	1.2694
3	551.66	33.9627	0.1721	559.38	528.51	14.4147	0.0554
4	576.74	33.4354	0.4662	590.24	559.38	14.5843	0.0907
5	596.02	33.7572	0.1286	609.53	590.24	9.0707	0.017
6	663.53	33.3668	0.5939	723.33	609.53	53.8389	0.455
7	742.62	33.7505	0.0198	746.48	723.33	10.9041	0.0018
8	796.03	33.5072	0.4519	850.64	769.62	38.0788	0.1971
9	879.57	34.1082	0.2191	891.14	850.64	18.8469	0.0512
10	1003.02	33.3004	0.4639	1014.59	891.14	58.1171	0.2776
11	1030.02	33.2021	0.4376	1041.6	1014.59	12.8491	0.0751
12	1116.82	32.7089	1.8092	1195.91	1043.52	72.5149	2.1426
13	1232.55	34.8251	0.4917	1261.49	1195.91	29.8766	0.2511
14	1294.28	34.4281	0.9885	1348.29	1261.49	39.4274	0.3925
15	1469.81	34.5821	0.1286	1479.45	1458.23	9.7692	0.0194
16	1548.89	34.7265	0.1434	1562.39	1543.1	8.8383	0.0197
17	1653.05	35.4381	0.1254	1656.91	1637.62	8.6556	0.0234
18	1747.57	35.0594	0.1718	1764.93	1734.06	14.0142	0.0294
19	2854.74	34.176	0.1157	2877.89	2791.09	40.3568	0.0384
20	2926.11	33.9891	0.2276	2945.4	2877.89	31.5122	0.0802
21	3252.09	33.9833	0.0104	3255.95	3248.23	3.616	0.0005
22	3450.77	33.1898	0.1906	3458.48	3439.19	9.2168	0.0265

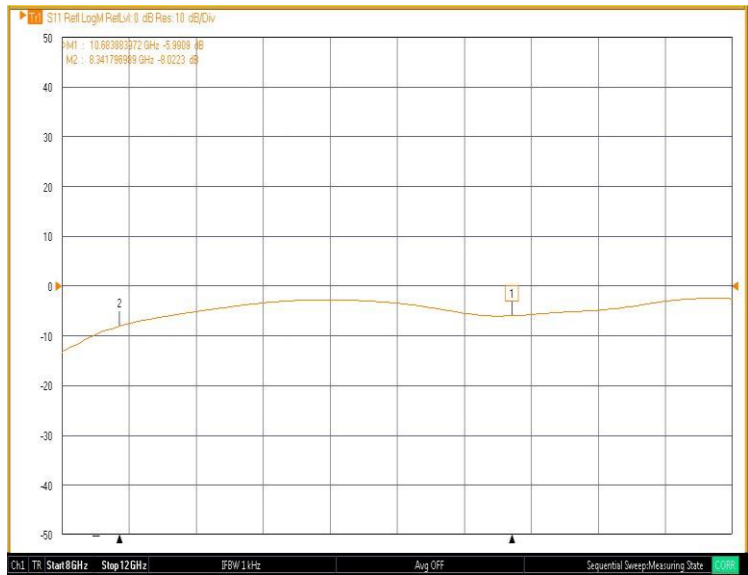
LAMPIRAN C

Hasil Karakterisasi *Vector Network Analyzer* (VNA)

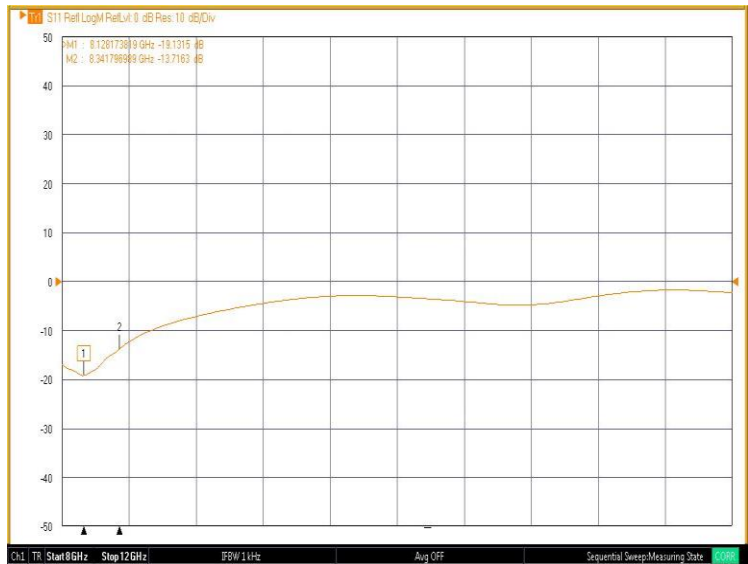
a. Hasil karakterisasi baja+cat



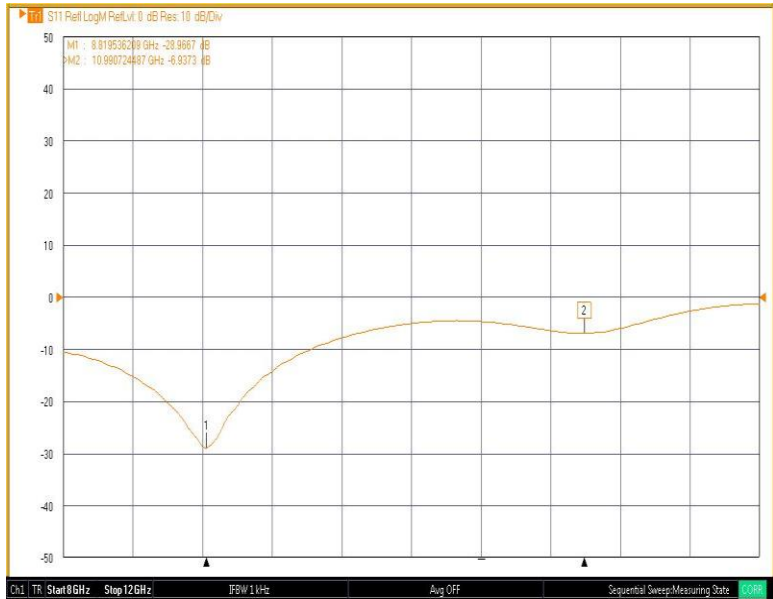
b. Hasil karakterisasi ketebalan 2,4 mm



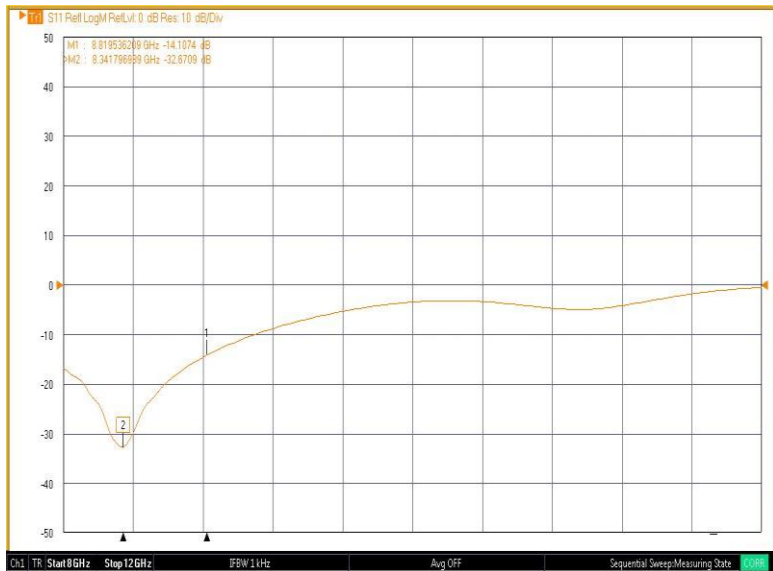
c. Hasil Karakterisasi ketebalan 3,6 mm



d. Hasil Karakterisasi ketebalan 4,8 mm

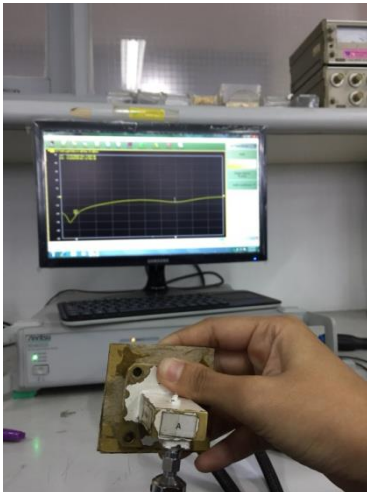


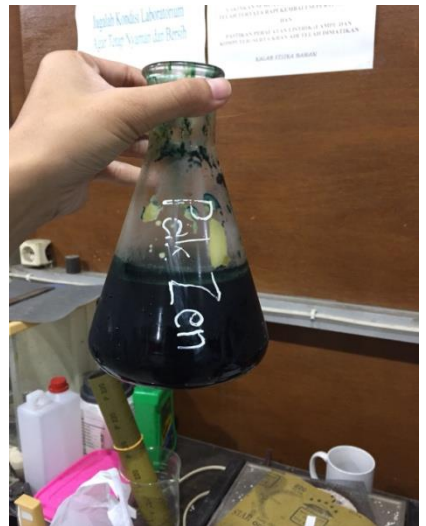
e. Hasil karakterisasi ketebalan 6 mm



LAMPIRAN D

Gambar Penelitian





LAMPIRAN E

Perhitungan koefisien Penyerapan (Γ)

Contoh perhitungan pada ketebalan 4,8 mm

Diketahui : $RL_{max} = -28,9 \text{ dB}$

Ditanya : Γ ?

% penyerapan gelombang EM ?

Jawab : $|\Gamma| = 10^{(RL/20)}$

$$|\Gamma| = 10^{(-28,9/20)}$$

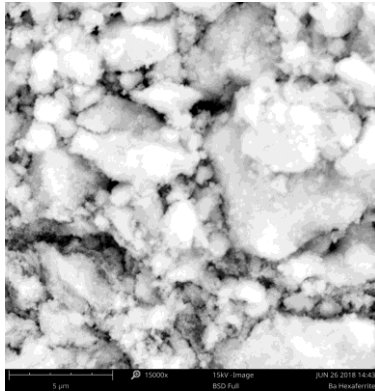
$$|\Gamma| = 10^{-1,445}$$

$$|\Gamma| = 0,0358$$

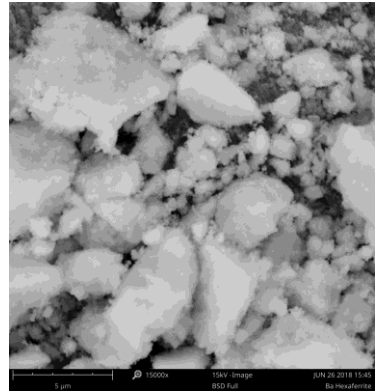
$$\begin{aligned}\% \text{ penyerapan gelombang EM} &= (1 - \Gamma) \times 100\% \\ &= (1 - 0,0358) \times 100\% \\ &= 96,41\%\end{aligned}$$

LAMPIRAN E

Karakterisasi SEM dan SEM EDX

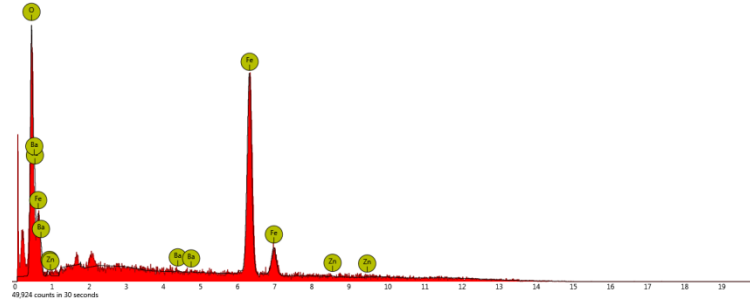


Pada spot 9

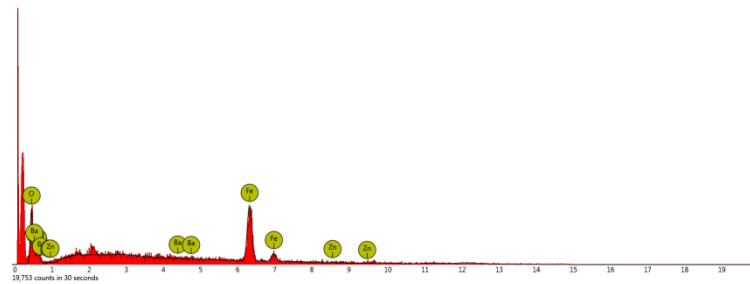


Pada Spot 18

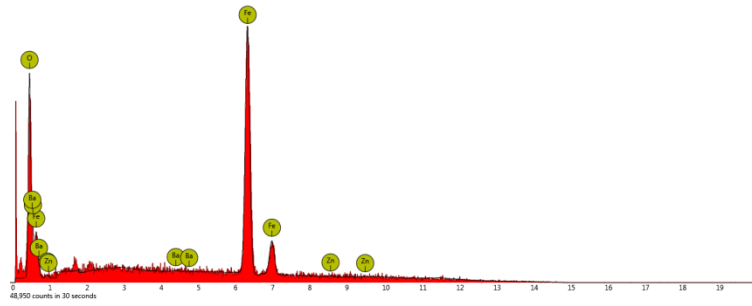
SEM EDX



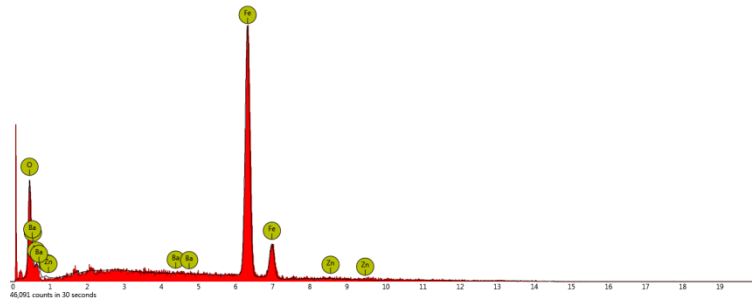
Pada Spot 9



Pada Spot 19



Spot 5



Spot 18

BIODATA PENULIS



Dina Andriyani, lahir di Kota Surabaya tanggal 21 November 1996. Merupakan anak pertama dari Bapak Sugeng Pandrijono dan Mama Nunik Harianti. Memulai pendidikan di TK Sempoa Sidoarjo (2001-2002), SDNI Sidokare 2 Sidoarjo (2003-2009), SMPN 1 Sidoarjo (2009-2011), dan SMAN 2 Sidoarjo (2011-2014). Setelah itu

melanjutkan pendidikan S1 melalui jalur SNMPTN tahun 2014 di Jurusan Fisika ITS dengan mengambil bidang minat Fisika Material pada tahun 2014-2018. Selama menjadi mahasiswa di Fisika ITS penulis aktif melakukan kegiatan pelatihan seperti LKMM Pra TD FMIPA, LKMM TD Himasika ITS. Selain itu penulis juga aktif mengikuti organisasi baik di jurusan maupun di Institut, diantaranya menjadi Sekretaris Umum 2 HIMASIKA ITS tahun 2015/2016, Asisten Laboratorium Fisika Dasar 2 Tahun 2017/2018, Sekretaris Departemen Luar Negeri HIMASIKA ITS tahun 2016/2017 dan anggota PSM ITS LA'15. Penulis aktif dalam dunia riset sejak didanai proposal PKM oleh Dikti pada tahun 2013. Penulis juga pernah melakukan kerja praktek di PT Petrokimia Gresik untuk menganalisis korosi pada mesin pabrik. Penulis ingin selalu mengembangkan ilmu, wawasan dan juga *soft skill* yang dimiliki, oleh karena itu apabila ada kritik dan saran dapat dikirim ke email : dina.andriyani21@yahoo.com serta Nomor Hp : 081216263236.